

# **АГРАРНІ ІННОВАЦІЇ**

## **№ 36**



Видавничий дім  
«Гельветика»  
2026

Реєстрація суб'єкта у сфері друкованих медіа: Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення № 1553 від 09.05.2024 року. Ідентифікатор медіа R30-04609.

Журнал включений до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») зі спеціальностей Е2 «Екологія», Н1 «Агрономія» відповідно до Наказу МОН України від 26.11.2020 № 1471 (додаток 3); зі спеціальностей С1 «Економіка» відповідно до Наказу МОН України від 25.10.2023 № 1309 (додаток 4).

Рекомендовано до друку Вченою радою Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН (протокол № 8 від 20.04.2026 року).

## РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

### Головний редактор:

**Вожегова Раїса Анатоліївна** – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік Національної академії аграрних наук України, заслужений діяч науки і техніки України, в.о. директора, Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насінництва та сортовивчення (м. Одеса, Україна)

### Члени редакційної колегії:

**Білявська Людмила Григорівна**, доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри селекції, насінництва і генетики, Полтавський державний аграрний університет МОН України (м. Полтава, Україна)

**Дідур Ігор Миколайович**, доктор сільськогосподарських наук, професор, директор навчально-наукового інституту агротехнологій та природокористування, Вінницький національний аграрний університет МОН України (м. Вінниця, Україна)

**Екінджи Ремзі (Ekinzi Remzi)**, доктор філософії, доцент, викладач, дослідник, Університет Дікле, факультет сільського господарства (м. Діярбакир, Туреччина)

**Елназаркیزی Рахія (Yelnazarkyzy Rakhiya)**, кандидат сільськогосподарських наук, в.о. асоційованого професора, Казахський агротехнічний університет імені С. Сейфулліна (м. Астана, Казахстан)

**Заєць Сергій Олександрович**, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач відділу кліматично орієнтованих агротехнологій, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України (м. Одеса, Україна)

**Іслам Хандакар Рафік (Islam Khandakar Rafiq)**, доктор наук, старший науковий співробітник, доцент, Державний університет Огайо, (м. Огайо, США)

**Кулик Максим Іванович**, доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри селекції, насінництва і генетики, Полтавський державний аграрний університет МОН України (м. Полтава, Україна)

**Лавриненко Юрій Олександрович**, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН, головний науковий співробітник відділу селекції сільськогосподарських культур, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України (м. Одеса, Україна)

**Марченко Тетяна Юріївна**, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу селекції сільськогосподарських культур, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України (м. Одеса, Україна)

**Мищенко Сергій Володимирович**, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри біології, здоров'я людини та методики навчання, Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка (м. Глухів, Україна)

**Петрзак Стефан (Pietrzak Stefan)**, доктор наук, професор, завідувач відділу якості води, Технологічний та природничий інститут (м. Рашин, Польща)

**Пілярська Олена Олександрівна**, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, завідувач відділу маркетингу та міжнародної діяльності, Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України (м. Одеса, Україна)

У журналі подаються результати наукових досліджень теоретичного та практичного характеру з питань аграрних наук і продовольства. Висвітлено елементи системи землеробства, обробіток ґрунту, удобрення, раціональне використання поливної води, особливості ґрунтовірних процесів. Приділено увагу питанням кормовиробництва, вирощування зернових, картоплі та інших культур, створення нових сортів і гібридів, біотехнологій, економіки виробництва.

Науковий журнал «Аграрні інновації» розрахований на науковців, аспірантів, спеціалістів сільського господарства.

Статті у виданні перевірені на наявність плагиату за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

Мови видання: українська, англійська, польська, німецька, іспанська.

Суб'єкт у сфері друкованих медіа – Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України (вул. Маяцька Дорога, буд. 24, смт Хлібодарське Одеської обл., 67667, icsanaas@ukr.net, тел. +380(50)-979-12-39).

Адреса редакційної колегії:

Видавничий дім «Гельветика», м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1

Телефон: +38 (050) 835 07 12, e-mail: info@agrarian-innovations.izpr.ks.ua

www.agrarian-innovations.izpr.ks.ua

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                                                                                                                                                          |          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>МЕЛІОРАЦІЯ, ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО.....</b>                                                                                                                                                                                                                                       | <b>9</b> |
| <b>Аверчев О.В., Нікітенко М.П.</b> Аналіз глобальних трендів виробництва <i>Fagopyrum esculentum</i> , <i>Panicum miliaceum</i> та <i>Oryza sativa</i> : наукове обґрунтування пріоритетів відновлення круп'яного підкомплексу України в умовах кліматичних та безпекових викликів..... | 9        |
| <b>Андрущенко А.С., Павлов О.С.</b> Сучасний стан та перспективи механічного контролю бур'янів у системі основного обробітку ґрунту під кукурудзу на зерно ( <i>Zea mays</i> L.).....                                                                                                    | 15       |
| <b>Антоненко О.О., Довгеля О.М.</b> Формування структури врожаю кукурудзи за поєднання мінерального та біологічного живлення в Центральному Лісостепу.....                                                                                                                               | 23       |
| <b>Баган А.В., Шакалій С.М., Рибальченко А.М.</b> Аналіз сортових ресурсів гречки їстівної ( <i>Fagopyrum esculentum</i> Moench.).....                                                                                                                                                   | 31       |
| <b>Балабан В.М.</b> Вплив біостимуляторів на ріст, розвиток та продуктивність сорго вінікового ( <i>Sorghum vulgare</i> var. <i>technicum</i> ).....                                                                                                                                     | 38       |
| <b>Барбой В.Б., Ткаліч Ю.І.</b> Біометричні показники та забур'яненість соняшнику залежно від норм витрати робочого розчину післясходових гербіцидів .....                                                                                                                               | 44       |
| <b>Бикін А.В., Кучер Л.І., Панчук Т.В., Мороз С.Ю., Пошкрєбнов В.В., Ретьман М.С.</b> Ефективність локального внесення фосфорно-калійних добрив за вирощування картоплі.....                                                                                                             | 49       |
| <b>Булах А.О.</b> Урожайність ріпаку озимого залежно від елементів агротехнології в умовах Західного Лісостепу України.....                                                                                                                                                              | 57       |
| <b>Вергелес П.М., Гуменюк О.В.</b> Оцінка ефективності застосування клопа ентомофага макролофус калігінозус ( <i>Macrolophus caliginosus</i> ) для контролю шкідників томатів в умовах захищеного ґрунту за режиму крапельного зрошення.....                                             | 64       |
| <b>Гавій В.М., Паливода Ю.М.</b> Порівняльна дія метаболічно активних сполук на вміст зелених фотосинтетичних пігментів у тканинах листків та урожайність суниці ( <i>Fragaria ananassa</i> Duch.).....                                                                                  | 72       |
| <b>Гетман Н.Я., Василенко Р.М., Бурко Л.М., Чепернатий Є.В., Гук І.М.</b> Ефективність способів боротьби з бур'янами на посівах сорго за різних умов вологозабезпечення.....                                                                                                             | 78       |
| <b>Дідур І.М., Банул С.О.</b> Вплив норми висіву ріпаку озимого на збереженість рослин та урожайність посіву.....                                                                                                                                                                        | 86       |
| <b>Донець А.О., Марченко Т.Ю., Пілярська О.О., Міщенко С.В., Лавриненко Ю.О.</b> Динаміка маси 1000 зерен у гібридів кукурудзи різних груп ФАО за беззмінних посівів та системи захисту від сегетальної рослинності.....                                                                 | 91       |
| <b>Євпак О.В., Шевчук Л.М.</b> Вміст органічних речовин у плодах лохини щиткової ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.).....                                                                                                                                                                  | 100      |
| <b>Єремко Л.С., Святецький В.А.</b> Поживний режим рослин як ключовий фактор формування урожайності нуту....                                                                                                                                                                             | 107      |
| <b>Жигайло Т.С., Жигайло О.Л.</b> Оптимізація вирощування пшениці озимої з урахуванням сценарію RCP8.5 в умовах Південного Степу України.....                                                                                                                                            | 113      |
| <b>Жуйков О.Г., Давиденко І.А.</b> Формування забур'яненості агроценозу та кількісно-якісних показників продуктивності середньостиглих гібридів кукурудзи залежно від позакореневого підживлення мікродобривами. ....                                                                    | 120      |
| <b>Жук В.М., Жук В.В.</b> Комплексна оцінка різних конструкцій інтенсивних насаджень імунних до парші сортів яблуні в умовах правобережної частини Західного Лісостепу України.....                                                                                                      | 128      |
| <b>Заїка В.К., Сімчук А.П., Дмитрик П.М., Гусак В.В.</b> Особливості виробництва органічної продукції рослинництва.....                                                                                                                                                                  | 138      |
| <b>Іващук В.П.</b> Біоенергетична ефективність вирощування кукурудзи на зерно залежно від систем мінерального удобрення та застосування стимуляторів росту.....                                                                                                                          | 146      |
| <b>Каламбет В.В., Гангур В.В.</b> Вплив агротехнічних прийомів на біометричні показники соняшнику ( <i>Helianthus Annuus</i> L.).....                                                                                                                                                    | 152      |
| <b>Карачун В.Л., Лебединський І.В., Галагуря А.О.</b> Агробіологічна оцінка та економічна ефективність вирощування гібридів рожевоплідного помідора у весняно-осінній культурозміні в скляних теплицях без обігріву.....                                                                 | 159      |

|                                                                                                                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Кедрун О.В.</b> Морські водорості як чинники формування врожаю сої в умовах зміни клімату в Україні.....                                                                                                           | 169 |
| <b>Козирєв В.В., Рой С.С., Полагенько О.С., Максимов Д.О., Петрик О.М.</b> Зміни агрохімічних показників ґрунту при різних способах його обробітку протягом періоду вегетації польових культур на Півдні України..... | 178 |
| <b>Кривенко А.І., Трандафір І.В., Джам М.А., Зорунько В.І., Орехівський В.Д.</b> Сучасний контроль шкідників сходів гороху протруйниками інсектицидної дії в умовах Південного Степу України.....                     | 185 |
| <b>Кудря С.І., Тараріко Ю.О., Сайдак Р.В., Лукашук В.П., Книш В.В.</b> Вплив гідротермічних умов на поживний режим і продуктивність чорнозему типового.....                                                           | 190 |
| <b>Леус В.В., Муленок Я.О., Шубенко Л.А.</b> Вплив пізніх весняних заморозків на продуктивність сортів яблуні в інтенсивних садах .....                                                                               | 201 |
| <b>Любич В.В.</b> Продуктивність різних видів гарбуза.....                                                                                                                                                            | 207 |
| <b>Mazurenko B.O., Honchar L.M.</b> Effect of fertilizer rate on the formation of root chicory yield and inulin yield.....                                                                                            | 211 |
| <b>Мешко Р.Г.</b> Реакція сортів пшениці озимої на полікомпонентні препарати.....                                                                                                                                     | 217 |
| <b>Мусієнко Л.А., Господаренко Г.М., Рассадіна І.Ю., Стасієвич О.Ю., Садовський І.С.</b> Мікроелементний склад сочевиці за різного удобрення.....                                                                     | 221 |
| <b>М'ялковський Р.О., Панцирева Г.В., Петрище О.І., Кушнірук Т.М., Лобунько Ю.В., Цвіткова К.В.</b> Морфо-біологічні особливості росту <i>Tulipa</i> L. в умовах відкритого ґрунту .....                              | 226 |
| <b>Носенко В.Г.</b> Функціональний стан фотосинтетичного апарату міскантусу гігантського за різних систем удобрення та підживлення гуматом калію.....                                                                 | 233 |
| <b>Пендрак Я.І.</b> Формування якості та врожайності плодів вишні за впливу абіотичних чинників у Південному Степу України.....                                                                                       | 240 |
| <b>Прищедько Н.О., Черних С.А., Лемішко С.М., Касьянов Є.О.</b> Ефективність обробки гібридів соняшнику мікробіологічними інокулянтами та добривами в зоні Степу України.....                                         | 247 |
| <b>Сеник І.І., Шувар А.М., Белова І.М., Рижак Р.Г.</b> Особливості агрофармакологічного захисту зернових колосових культур в контексті вимог європейського союзу.....                                                 | 253 |
| <b>Сергєєв Л.А., Когут І.М., Марченко Т.Ю., Соломонов Р.В., Марченко В.Д.</b> Вплив комплексних мікроелементів на урожайність насіння сортів та ліній сочевиці.....                                                   | 260 |
| <b>Тесля Д.М.</b> Накопичення Pb і Cd у тканинах бройлерів залежно від умов вирощування в підсобних індивідуальних господарствах .....                                                                                | 268 |
| <b>Усов Р.М.</b> Видовий склад кореневих гнилей гороху підзимнього строку сівби в умовах Лісостепу України.....                                                                                                       | 275 |
| <b>Федорчук І.В., Козак М.І., Кондратюк А.</b> Біоіндикація стану водних екосистем у контексті екологічної токсикології.....                                                                                          | 280 |
| <b>Циганська О.І., Шевчук О.В., Машенко В.В.</b> Оптимізація системи удобрення сої на основі використання препаратів біологічного походження.....                                                                     | 286 |
| <b>Циганський В.І., Телеватюк Б.І., Бандровський Д.В., Михайлюк О.С.</b> Економічна оцінка моделей технології вирощування кукурудзи за біологізованої системи живлення.....                                           | 291 |
| <b>Цицюра Я.Г., Томчук О.М.</b> Вплив системи удобрення гібридів ріпаку озимого на якість отриманої олії з насіння за критеріями біопаливного її використання.....                                                    | 296 |
| <b>Юркевич Є.О., Дробіт О.С., Валентюк Н.О., Гайдаш О.Л.</b> Адаптивний потенціал та продуктивність насіння гороху за використання фунгіцидних препаратів у посушливих умовах півдня України.....                     | 309 |
| <b>Яценко Л.А., Ювчик Н.О., Срібний М.В.</b> Оцінка гібридів кукурудзи української селекції різних груп стиглості за продуктивною реакцією на позакореневе підживлення в умовах Західного Лісостепу.....              | 315 |
| <b>СЕЛЕКЦІЯ, НАСІННИЦТВО</b> .....                                                                                                                                                                                    | 321 |
| <b>Боровик В.О., Гура В.В.</b> Оцінка фенотипової й екологічної мінливості зразків сої овочевої за тривалістю періоду вегетації та продуктивністю.....                                                                | 321 |
| <b>Гудим О.В.</b> Оцінка гібриду ярого ріпаку «Культус КЛ» за ознаками врожайності під дією регулятора росту.....                                                                                                     | 328 |
| <b>Мокрієнко В.А.</b> Фотосинтетичні параметри кукурудзи та сої в моно- та бінарних посівах.....                                                                                                                      | 333 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Нейко І.С.</b> Особливості створення та формування лісонасінневих плантацій.....                                                                                                                                                                                                                      | 343 |
| <b>Осіпов М.Ю., Поліщук В.В.</b> Ґрунтова схожість насіння видів роду <i>Hydrangea</i> L. залежно від генотипу та способу сівби.....                                                                                                                                                                     | 348 |
| <b>Панцирева Г.В., Гончар М.В.</b> Польова схожість та виживаність рослин нуту залежно від технологічних прийомів вирощування.....                                                                                                                                                                       | 353 |
| <b>Пилипенко С.В.</b> Вплив насінневої інфекції на якість насіння сортів сої за різних гідротермічних умов.....                                                                                                                                                                                          | 358 |
| <b>Придатко В.В., Ковалишина Г.М.</b> Мікофлора насіння пшениці озимої та її вплив на показники якості зерна.....                                                                                                                                                                                        | 366 |
| <b>Свиденко Л.В., Свиридовський В.М., Свиденко С.В., Котовська Ю.С., Грабовецька О.А.</b> Формування колекцій декоративних та декоративно-ароматичних рослин для використання в зеленому будівництві південного регіону.....                                                                             | 376 |
| <b>Смутьська І.В., Носуля А.М., Гринів С.М., Михайлик С.М.</b> Оцінка господарсько-цінних та морфологічних показників гібридів соняшника однорічного високоолеїнового напрямку використання ( <i>Helianthus annuus</i> L.) внесених до Державного реєстру сортів, придатних для поширення в Україні..... | 384 |
| <b>Філіцька О.О., Лозінський М.В., Самойлик М.О., Прокоп'юк Т.П., Юрченко А.І.</b> Фенотипова і генотипова мінливість довжини головного колоса у різних за висотою сортів пшениці м'якої озимої.....                                                                                                     | 392 |
| <b>ЕКОНОМІКА</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 400 |
| <b>Витоптова В.А.</b> Стратегія та економічна ефективність відродження галузі бавовництва в Україні.....                                                                                                                                                                                                 | 400 |
| <b>Гуторова О.О.</b> Інфраструктура зернового ринку України: теорія та практика.....                                                                                                                                                                                                                     | 405 |
| <b>НАШІ ЮВІЛЯРИ</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                                                | 411 |
| Професійний та науковий шлях Степанової Маргарити Михайлівни.....                                                                                                                                                                                                                                        | 411 |
| <b>ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                                            | 414 |

## CONTENTS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>MELIORATION, ARABLE FARMING, HORTICULTURE.....</b>                                                                                                                                                                                                                                               | <b>9</b> |
| <b>Averchev O.V., Nikitenko M.P.</b> Analysis of global production trends of <i>Fagopyrum esculentum</i> , <i>Panicum miliaceum</i> and <i>Oryza sativa</i> : scientific substantiation of priorities for the restoration of Ukraine's cereal subcomplex under climate and security challenges..... | 9        |
| <b>Andrushchenko A.S., Pavlov O.S.</b> Current status and prospects of mechanical weed control in the main tillage system for grain corn ( <i>Zea mays</i> L.).....                                                                                                                                 | 15       |
| <b>Antonenko O.O., Dovhelia O.M.</b> Formation of maize yield structure under combined mineral and biological nutrition in the Central Forest–Steppe.....                                                                                                                                           | 23       |
| <b>Bahan A.V., Shakalii S.M., Rybalchenko A.M.</b> Analysis of varietal resources of buckwheat ( <i>Fagopyrum esculentum</i> Moench.).....                                                                                                                                                          | 31       |
| <b>Balaban V.M.</b> The Influence of Biostimulants on the Growth, Development, and Productivity of Broomcorn ( <i>Sorghum vulgare</i> var. <i>technicum</i> ).....                                                                                                                                  | 38       |
| <b>Barboi V.B., Tklich Yu.I.</b> Biometric parameters and weed infestation of sunflower depending on the application rates of working solution of post-emergence herbicides.....                                                                                                                    | 44       |
| <b>Bykin A.V., Kucher L.I., Panchuk T.V., Moroz S.Yu., Poshkrebnov V.V., Retman M.S.</b> Efficiency of local application of phosphorus-potassium fertilizers in potato cultivation.....                                                                                                             | 49       |
| <b>Bulakh A.O.</b> Yield of winter rape depends on elements of agricultural technology in the conditions of the Western Forest-Step of Ukraine.....                                                                                                                                                 | 57       |
| <b>Verheles P.M., Humenyuk O.V.</b> Assessment of the effectiveness of the entomophagous bug <i>Macrolophus caliginosus</i> for controlling tomato pests under protected cultivation conditions with drip irrigation.....                                                                           | 64       |
| <b>Havii V.M., Palyvoda Yu.M.</b> Comparative effects of metabolically active compounds on the content of green photosynthetic pigments in leaf tissues and the yield of strawberry ( <i>Fragaria ananassa</i> Duch.).....                                                                          | 72       |
| <b>Hetman N.Ya., Vasilenko R.M., Burko L.M., Chepernaty Ye.V., Huk I.M.</b> Efficiency of weed control methods in sorghum crops under different moisture conditions.....                                                                                                                            | 78       |
| <b>Didur I.M., Banul S.O.</b> The influence of winter rapeseed sowing rates on plant survival and crop yield.....                                                                                                                                                                                   | 86       |
| <b>Donets A.O., Marchenko T.Yu., Piliarska O.O., Mishchenko S.V., Lavrynenko Yu.O.</b> Dynamics of 1000-grain weight in maize hybrids of different FAO groups under constant cropping and protection systems against segetal vegetation.....                                                        | 91       |
| <b>Yevpak O.V., Shevchuk L.M.</b> The content of organic substances in the berries of the highbush blueberry ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.).....                                                                                                                                                 | 100      |
| <b>Yeremko L.S., Sviatetskiy V.A.</b> Nutritional regime of plants as a key factor in the formation of chickpea yield.....                                                                                                                                                                          | 107      |
| <b>Zhygailo T.S., Zhygailo O.L.</b> Optimization of Winter Wheat Cultivation under the RCP8.5 Scenario i n the Southern Steppe of Ukraine.....                                                                                                                                                      | 113      |
| <b>Zhuikov O.G., Davydenko I.O.</b> The nature of weed infestation in the agrocenosis and quantitative and qualitative indicators of productivity of mid-season corn hybrids depending on foliar feeding with microfertilizers.....                                                                 | 120      |
| <b>Zhuk V.M., Zhuk V.V.</b> Comprehensive assessment of various intensive orchard designs for scab-immune apple cultivars in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.....                                                                                                                           | 128      |
| <b>Zaika V.K., Simchuk A.P., Dmytryk P.M., Husak V.V.</b> Peculiarities of production of organic crop products.....                                                                                                                                                                                 | 138      |
| <b>Ivashchuk V.P.</b> Bioenergetic efficiency of maize grain cultivation depending on mineral fertilization systems and the use of growth stimulants.....                                                                                                                                           | 146      |
| <b>Kalambet V.V., Hangur V.V.</b> The effect of agrotechnical practices on the biometric parameters of sunflower ( <i>Helianthus Annuus</i> L.).....                                                                                                                                                | 152      |
| <b>Karachun V.L., Lebedynskiy I.V.</b> Agrobiological Assessment and Economic Efficiency of Growing Pink-Fruited Tomato Hybrids in the Spring–Autumn Crop Rotation in Unheated Glass Greenhouses.....                                                                                               | 159      |
| <b>Kedrun O.V.</b> Seaweeds as factors in forming soybean yield under climate change in Ukraine.....                                                                                                                                                                                                | 169      |
| <b>Kozyriev V.V., Roi S.S., Polahenko O.S., Maksymov D.O., Petryk O.M.</b> Changes in soil agrochemical properties under different tillage methods during the growing season of field crops in Southern Ukraine.....                                                                                | 178      |

|                                                                                                                                                                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Kryvenko A.I., Trandafir I.V., Dzham M.A., Zorunko V.I., Orekhivskiy V.D.</b> Modern control of pests of peas seedlings with insecticidal antioquites in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine.....                   | 185 |
| <b>Kudria S.I., Tarariko Yu.O., Saidak R.V., Lukashuk V.P., Knysh V.V.</b> Influence of hydrothermal conditions on the nutrient regime and productivity of typical chernozem.....                                                   | 190 |
| <b>Leus V.V., Mulenok Ya.O., Shubenko L.A.</b> The influence of late spring frosts on apple varieties productivity in intensive orchards.....                                                                                       | 201 |
| <b>Liubych V.V.</b> Productivity of different species of pumpkin.....                                                                                                                                                               | 207 |
| <b>Mazurenko B.O., Honchar L.M.</b> Effect of fertilizer rate on the formation of root chicory yield and inulin yield.....                                                                                                          | 211 |
| <b>Meshko R.H.</b> Reaktsiia sortiv pshenytsi ozymoi na polikomponentni preparaty.....                                                                                                                                              | 217 |
| <b>Musiienko L.A., Hospodarenko H.M., Rassadina I.Yu., Stasinievych O.Yu., Sadovskyi I.S.</b> Micronutrient Composition of Lentils under Different Fertilization Regimes.....                                                       | 221 |
| <b>Myalkovsky R.O., Pantsyreva H.V., Petrishche O.I., Kushniruk T.M., Lobunko Y.V., Tsvitkova K.V.</b> Morpho-biological features of Tulipa l. growth in open soil conditions.....                                                  | 226 |
| <b>Nosenko V.G.</b> Functional state of the photosynthetic apparatus of Miscanthus × giganteus under different fertilization systems and potassium humate foliar application.....                                                   | 233 |
| <b>Pendrak Ya.I.</b> Formation of cherry fruits quality and yield under the influence of abiotic factors in the Southern Steppe of Ukraine.....                                                                                     | 240 |
| <b>Pryshedko N.O., Chernykh S.A., Lemishko S.M., Kasyanov E.O.</b> Effectiveness of treatment of sunflower hybrids with microbiological inoculants and fertilizers in the Steppe zone of Ukraine.....                               | 247 |
| <b>Senyk I.I., Shuvar A.M., Belova I.M., Ryzhak R.H.</b> Features of agropharmacological protection of cereal crops in the context of European Union requirements.....                                                              | 253 |
| <b>Serhieiev L.A., Marchenko T.Yu., Kohut I.M., Solomonov R.V., Marchenko V.D.</b> The influence of complex microelements on the yield of seeds of lentil varieties and lines.....                                                  | 260 |
| <b>Teslia D.M.</b> Accumulation of Pb and Cd in broiler tissues depending on rearing conditions in household backyard farms.....                                                                                                    | 268 |
| <b>Usov R.M.</b> Species composition of root rots of peas of the winter sowing period in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine.....                                                                                        | 275 |
| <b>Fedorchuk I.V., Kozak M.I., Kondratiuk A.</b> Bioindication of the State of Aquatic Ecosystems in the Context of Environmental Toxicology.....                                                                                   | 280 |
| <b>Tsyhanska O.I., Shevchuk O.V., Mashenko V.V.</b> Optimization of the soybean fertilization system based on the use of preparations of biological origin. ....                                                                    | 286 |
| <b>Tsyhanskyi V.I., Televatyuk B.I., Bandrovskiy D.V., Mykhailiuk O.S.</b> Economic evaluation of corn growing technology models under a biologized nutrition system.....                                                           | 291 |
| <b>Tsitsyura Ya.H., Tomchuk O.M.</b> Influence of the fertilization system of winter rapeseed hybrids on the quality of oil obtained from seeds in terms of its suitability for biofuel use.....                                    | 296 |
| <b>Yurkevych Ye.O., Drobit O.S., Valentiuk N.O., Haidash O.L.</b> Adaptive potential and seed productivity of peas under the use of fungicidal preparations in the arid conditions of Southern Ukraine. ....                        | 309 |
| <b>Yashchenko L.A., Yuvchik N.O., Sribnyi M.V.</b> Evaluation of Ukrainian-bred maize hybrids of different maturity groups based on their yield response to foliar fertilisation under conditions of the Western Forest-Steppe..... | 315 |
| <b>BREEDING, SEED PRODUCTION</b> .....                                                                                                                                                                                              | 321 |
| <b>Borovyk V.O., Gura V.V.</b> Assessment of phenotypic and ecological variability of vegetable soybean samples by the duration of the vegetation period and productivity.....                                                      | 321 |
| <b>Hudym O.V.</b> Evaluation of the spring rapeseed hybrid 'Cultus CL' by yield-related traits under the effect of a plant growth regulator.....                                                                                    | 328 |
| <b>Mokriienko V.A.</b> Photosynthetic Parameters of Maize and Soybean in Monoculture and Binary Cropping Systems.....                                                                                                               | 333 |
| <b>Neyko I.S.</b> Features of the establishment and formation of forest seed orchards.....                                                                                                                                          | 343 |
| <b>Osipov M.Yu., Polischuk V.V.</b> Germination of seeds of species of the genus Hydrangea L. depending on genotype and sowing method.....                                                                                          | 348 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Pantsyрева H.V., Honchar M.V.</b> Field germination and survival of chickpea plants depending on technological methods of cultivation.....                                                                                                                                            | 353 |
| <b>Pylypenko S.V.</b> Impact of Seed-Borne Infection on the Quality of Soybean Seeds under Different Hydrothermal Conditions.....                                                                                                                                                        | 358 |
| <b>Prydatko V.V., Kovalyshyna H.M.</b> Mycoflora of Winter Wheat Seeds and Its Influence on Grain Quality Indicators....                                                                                                                                                                 | 366 |
| <b>Svydenko L.V., Svyrydovskyi V.M., Svydenko S.V., Kotovska Yu.S., Hrabovetska O.A.</b> Formation of collections of ornamental and decorative aromatic plants for use in green construction of the southern region.....                                                                 | 376 |
| <b>Smulska I.V., Nosulya A.M., Hryniv S.M., Mykhailyk S.M.</b> Assessment of the economic value and morphological indicators of annual high-oleic sunflower hybrids ( <i>Helianthus annuus</i> L.) included in the State Register of Varieties Suitable for Distribution in Ukraine..... | 384 |
| <b>Filitska O.O., Lozinskyi M.V., Samoilyk M.O., Prokopiuk T.P., Yurchenko A.I.</b> Phenotypic and genotypic variability of the main spike length in soft winter wheat varieties differing in plant height.....                                                                          | 392 |
| <b>ECONOMICS</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                                   | 400 |
| <b>Vytopova V.A.</b> Strategy and Economic Efficiency of Reviving the Cotton Industry in Ukraine.....                                                                                                                                                                                    | 400 |
| <b>Hutorova O.O.</b> Grain market infrastructure of Ukraine: theory and practice.....                                                                                                                                                                                                    | 405 |
| <b>OUR ANNIVERSARY CELEBRANTS</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                  | 411 |
| Professional and academic path of Marharyta Mykhailivna Stepanova.....                                                                                                                                                                                                                   | 411 |
| <b>AUTHOR INDEX</b> .....                                                                                                                                                                                                                                                                | 414 |



## АНАЛІЗ ГЛОБАЛЬНИХ ТРЕНДІВ ВИРОБНИЦТВА *FAGOPYRUM ESCULENTUM*, *PANICUM MILIACEUM* ТА *ORYZA SATIVA*: НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРІОРИТЕТІВ ВІДНОВЛЕННЯ КРУП'ЯНОГО ПІДКОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ТА БЕЗПЕКОВИХ ВИКЛИКІВ

**АВЕРЧЕВ О.В.** – доктор сільськогосподарських наук,  
[orcid.org/0000-0002-8333-2419](https://orcid.org/0000-0002-8333-2419)

Херсонський державний аграрно-економічний університет

**НІКІТЕНКО М.П.** – доктор філософії з агрономії,  
[orcid.org/0000-0001-7453-6682](https://orcid.org/0000-0001-7453-6682)

Херсонський державний аграрно-економічний університет

**Постановка проблеми.** Світове виробництво зернових та круп'яних культур є базовим чинником забезпечення глобальної продовольчої безпеки [1; 2]. Особливу роль у формуванні збалансованого раціону харчування та створенні стратегічних продовольчих резервів відіграють круп'яні культури, зокрема гречка (*Fagopyrum esculentum*), просо (*Panicum miliaceum*) та рис (*Oryza sativa*). Ці культури є дієтичними продуктами з високим вмістом білка (до 15% у гречці), вітамінів групи В, рутину (до 8% у листках гречки) та мікроелементів (залізо, магній, цинк, селен) [3; 4].

В умовах глобальних кліматичних змін, які призводять до зростання частоти посух у традиційних регіонах вирощування, здатність проса до ефективного використання вологи (коефіцієнт водоспоживання у 1,5-2 рази нижчий порівняно з пшеницею) робить його «культурою майбутнього» [5]. Рис залишається основною продовольчою культурою для понад 3 млрд осіб, а гречка є стратегічним дієтичним продуктом на ринках країн Східної Європи та Азії.

Для України, яка втратила до 20% орних земель через військову агресію та зіткнулася з катастрофічними наслідками підриву Каховської ГЕС (знищення зрошувальних систем на площі понад 500 тис. га), дослідження світових трендів виробництва круп'яних культур є критично важливим для формування науково обґрунтованої стратегії післявоєнної відбудови агросектору [6; 7].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Значний внесок у дослідження агротехнології вирощування круп'яних культур в умовах півдня України зробили вітчизняні науковці. У працях [1; 8; 9] висвітлено адаптивний потенціал гречки, агроекологічне обґрунтування технологій її вирощування та економічні аспекти функціонування ринку круп'яних культур у країнах Центральної та Східної Європи.

Зарубіжними дослідниками [5] встановлено, що зміна клімату змушує аграріїв переглядати структуру сівозмін на користь більш посухостійких культур. Просо, сорго та деякі види гречки демонструють значно більшу

резистентність до абіотичних стресів порівняно з пшеницею або кукурудзою. Останні дані FAO [10] свідчать про те, що світове виробництво рису досягло історичного максимуму, однак стрімке зростання населення Африки формує новий центр попиту, що змінює глобальні логістичні ланцюги.

**Метою** статті є проведення комплексного аналізу світових тенденцій виробництва гречки, проса та рису з використанням кореляційного аналізу та визначення на цій основі науково обґрунтованих пріоритетів відновлення круп'яного підкомплексу України.

### **Завдання дослідження:**

1. Проаналізувати динаміку світових показників виробництва досліджуваних культур за період 2000-2025 рр.
2. Визначити основні регіональні особливості формування врожайності.
3. Встановити кореляційні зв'язки між кліматичними факторами та врожайністю круп'яних культур в Україні.
4. Розробити практичні рекомендації щодо відновлення галузі в післявоєнний період.

**Матеріали та методика досліджень.** Інформаційну базу дослідження становили статистичні дані системи FAOSTAT (Продовольча та сільськогосподарська організація ООН) за 2000-2025 рр., оперативні звіти Міністерства економіки України, Української зернової асоціації (UGA), дані Statista та APK-Inform, а також наукові праці вітчизняних та зарубіжних дослідників [1; 5; 8; 9; 10]. У зв'язку зі змінами адміністративно-територіальної структури та впливом воєнних дій у 2014 та 2022 роках, аналіз здійснювався на основі доступних статистичних даних у межах офіційно контрольованої статистичної території України.

Для 2024/25 маркетингового року використано оперативні та прогнозні оцінки міжнародних аналітичних структур і галузевих джерел із подальшим уточненням у міру оновлення офіційної статистики.

Для досягнення мети дослідження застосовано комплекс загальнонаукових і спеціальних методів.



Системно-аналітичний метод використано для оцінки структури світового ринку круп'яних культур та виявлення основних тенденцій його розвитку. Порівняльний метод застосовано для зіставлення показників виробництва у різних країнах і регіонах світу. Метод графічної візуалізації використано для відображення динаміки досліджуваних показників.

Кореляційний аналіз проведено на основі середньорічних показників урожайності круп'яних культур в Україні за 2000–2025 рр., сформованих за усередненими національними даними. Кліматичні фактори (сума активних температур, кількість опадів, гідротермічний коефіцієнт Селянинова) визначено за даними національних метеорологічних спостережень та кліматичного реаналізу.

Перед проведенням кореляційного аналізу здійснено перевірку статистичних припущень, зокрема нормальності розподілу вибірок та оцінку мультиколінеарності між незалежними змінними. Взаємозв'язки між показниками оцінено за допомогою коефіцієнтів кореляції Пірсона з визначенням рівня статистичної значущості ( $p < 0,05$ ;  $p < 0,01$ ). Отримані коефіцієнти кореляції інтерпретувалися як узагальнені тенденційні залежності в межах агрокліматичних умов України.

Обробку даних здійснено із використанням програмного забезпечення Microsoft Excel та Statistica 12.0.

**Результати досліджень.** У межах дослідження проведено аналіз сучасних тенденцій світового виробництва основних круп'яних культур, зокрема рису, гречки та проса, з урахуванням змін посівних площ, урожайності та регіональної структури виробництва. Глобальне виробництво основних круп'яних культур протягом 2000–2025 років характеризувалося різноспрямованими, але чітко вираженими трендами. Статистичні дані FAOSTAT свідчать про стійке зростання світового виробництва рису (у перерахунку на milled rice): з 401 млн т у 2000/01 маркетинговому році до 523,7 млн т у 2024/25 році, що становить приріст на 30,6% за 25 років. Це відбувається переважно за рахунок підвищення врожайності (середньосвітова врожайність зросла з 3,85 до 4,67 т/га), тоді як посівні площі залишаються відносно стабільними на рівні 160–165 млн га.

Світове виробництво гречки є значно нестабільнішим і коливається в межах 2,1–4,2 млн т, що пов'язано з високою чутливістю культури до кліматичних умов. За даними [1], в окремі роки посівні площі гречки в Україні зменшувалися на 30–40% порівняно з попереднім сезоном через несприятливі погодні умови. Китай залишається абсолютним лідером, виробляючи понад 50% світового обсягу гречки (1,2–1,5 млн т щорічно).

Виробництво проса має тенденцію до зміщення з Азії в Африку, де ця культура є критично важливою для продовольчої безпеки регіону Сахелю. За останні 10 років частка Африки у світовому виробництві проса зросла з 35% до 48%, тоді як частка Азії скоротилася з 60% до 48% [5]. Загальне світове виробництво проса коливається в межах 28–35 млн т при посівній площі 30–32 млн га.

Оперативні дані Міністерства економіки України за 2025 рік дозволяють провести детальний аналіз

стану галузі. Загальне виробництво зернових в Україні у 2025 році зазнало впливу воєнних дій та погодних умов. За попередніми оперативними даними Міністерства економіки України, станом на початок листопада 2025 року валовий збір зернових становив близько 43,6 млн т з 9,3 млн га (81% запланованих площ), що менше порівняно з 49,9 млн т на аналогічну дату 2024 року. Середня врожайність зернових знизилася з 4,8 до 4,69 т/га [11].

Аналіз даних свідчить про значне скорочення виробництва гречки (на 29,3%) та проса (на 29,5%) порівняно з 2024 роком. Врожайність гречки коливалася від 1,38 до 1,48 т/га залежно від регіону та погодних умов [12].

Виробництво рису в Україні зазнало катастрофічних втрат. Окупація Херсонської області (єдиного регіону промислового рисосіяння, де було зосереджено 100% виробництва) та підлив Каховської ГЕС у червні 2023 року повністю знищили галузь. Для рису у 2022–2025 рр. враховано скоригований часовий ряд із урахуванням припинення промислового виробництва у зоні зрешуваного землеробства півдня України. За даними [1], до війни в Україні щорічно вирощували 20–25 тис. т рису на площі 20–25 тис. га при середній врожайності 5–7 т/га. Відновлення зрошувальних систем, за оцінками експертів, можливе лише через 5–7 років після деокупації та потребуватиме значних інвестицій.

На основі даних за період 2000–2025 рр. проведено кореляційний аналіз залежності врожайності круп'яних культур від основних кліматичних факторів. Результати аналізу наведено в таблиці 3.

Отримані кореляційні коефіцієнти відображають стійкі багаторічні залежності між врожайністю круп'яних культур та ключовими кліматичними факторами, що дозволяє не лише оцінити силу зв'язків, але й визначити їх структурну ієрархію та агроекологічну значущість.

Кореляційний аналіз засвідчив домінуючу роль вологозабезпечення у формуванні продуктивності досліджуваних культур. Найвищі значення коефіцієнтів зв'язку отримано для гідротермічного коефіцієнта Селянинова, що підтверджує його інтегральний характер як показника одночасного впливу теплових і водних ресурсів. Це свідчить про те, що продуктивність круп'яних культур визначається не окремими кліматичними параметрами, а їхнім комплексним балансом.

Особливо чітко зазначена закономірність проявляється для рису, який демонструє найвищу чутливість до змін гідрологічного режиму. Це пояснюється його фізіологічною залежністю від стабільного водного середовища, що робить культуру критично вразливою до дефіциту вологи та одночасно найбільш чутливою до умов зрошення.

Від'ємний характер зв'язку між сумою активних температур і врожайністю свідчить про опосередкований стресовий ефект теплового фактора. Підвищення температури, за відсутності достатнього вологозабезпечення, посилює евапотранспіраційні втрати та знижує ефективність використання води рослинами, що призводить до зменшення продуктивності.

Отримані результати формують ієрархію кліматичних факторів впливу, де домінуючим є гідрологічний

Таблиця 1

## Світове виробництво основних круп'яних культур у 2024/25 маркетинговому році

| Культура                               | Посівна площа, млн га | Валовий збір, млн т | Середня врожайність, т/га | Основні країни-виробники, частка у світі, %    |
|----------------------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------------|------------------------------------------------|
| Рис ( <i>Oryza sativa</i> )            | 163,8                 | 523,7               | 4,67                      | Китай (28,5),<br>Індія (23,2), Індонезія (6,8) |
| Гречка ( <i>Fagopyrum esculentum</i> ) | 1,95                  | 2,85                | 1,46                      | Китай (42,1),<br>інші (28,5),<br>Україна (5,2) |
| Просо ( <i>Panicum miliaceum</i> )     | 31,4                  | 31,8                | 1,01                      | Індія (40,2),<br>Нігер (11,5),<br>Китай (8,3)  |

Джерело: розраховано авторами за даними FAOSTAT [1; 5; 10]

Таблиця 2

## Динаміка збору гречки та проса в Україні за період вересень-листопад 2025 року

| Культура                               | Станом на 18.09.2025        | Станом на 09.10.2025 | Станом на 06.11.2025      | Загальний збір 2024 | Зміна, % до 2024 |
|----------------------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|------------------|
| Гречка ( <i>Fagopyrum esculentum</i> ) | 57,1 тис. т<br>(56% площ)   | 78,8 тис. т          | 82,3 тис. т<br>(88% площ) | 116,4 тис. т        | -29,3            |
| Просо ( <i>Panicum miliaceum</i> )     | 45,3 тис. т<br>(51,4% площ) | 53,0 тис. т          | 61,5 тис. т<br>(68% площ) | 87,2 тис. т         | -29,5            |

Джерело: Дані за 2025 рік наведено за оперативними звітами Міністерства економіки України та можуть уточнюватися в процесі завершення збиральної кампанії.

Таблиця 3

## Коефіцієнти кореляції (Пірсона) між врожайністю круп'яних культур та кліматичними факторами в Україні (2000-2025 рр.)

| Культура                        | Сума активних температур за вегетацію ( $\Sigma t > 10^{\circ}\text{C}$ ) | Кількість опадів за вегетацію, мм | ГТК Селянинова | Вологість ґрунту в шарі 0-20 см, % |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------|------------------------------------|
| Гречка ( <i>F. esculentum</i> ) | -0,42*                                                                    | 0,67**                            | 0,71**         | 0,69**                             |
| Просо ( <i>P. miliaceum</i> )   | -0,38*                                                                    | 0,58**                            | 0,62**         | 0,61**                             |
| Рис ( <i>O. sativa</i> )        | -0,51*                                                                    | 0,72**                            | 0,75**         | 0,73**                             |

Примітки: \*\* – кореляція значуща при  $p < 0,01$ ; \* – кореляція значуща при  $p < 0,05$ . Джерело: розраховано авторами.

компонент, тоді як температурний фактор виступає модифікуючим стресором.

Графік 1 демонструє чітку ієрархію чутливості культур до кліматичних факторів. Рис стабільно характеризується найвищими коефіцієнтами зв'язку, що підтверджує його максимальну залежність від гідрологічного режиму. Гречка займає проміжне положення, тоді як просо демонструє відносно нижчу, але стабільну кліматичну чутливість.

Графік 2 ілюструє загальну тенденцію: підвищення ефективності врожайності за умов оптимального вологозабезпечення та її зниження при зростанні теплового навантаження. Це підтверджує нелінійний характер взаємодії кліматичних факторів, де вологість виступає лімітуючим ресурсом.

Отримані результати підтверджують, що формування врожайності круп'яних культур визначається переважно гідрологічними умовами, тоді як температурний режим виконує роль модифікуючого стрес-фактора. Виявлена ієрархія кліматичних впливів створює наукову основу для обґрунтування адаптаційних агротехнологій,

орієнтованих на оптимізацію водного режиму та впровадження зрошувальних систем нового покоління.

На основі проведеного аналізу та з урахуванням наукових напрацювань [1; 8; 9] визначено, що пріоритетними напрямками відновлення виробництва круп'яних культур в Україні є комплекс взаємопов'язаних заходів, спрямованих на підвищення адаптивності агропромисловості до кліматичних змін.

Одним із ключових напрямів є оптимізація структури посівних площ шляхом часткової заміни площ під озимою пшеницею на більш посухостійкі культури, зокрема просо та гречку нових сортів. Впровадження сучасних сортів гречки з підвищеним адаптивним потенціалом дозволяє підвищити її врожайність на 25–30% порівняно з традиційними сортами [8].

Важливим стратегічним напрямом є розвиток насінництва, що передбачає забезпечення аграрних виробників високоякісним насінням вітчизняної селекції, адаптованим до ґрунтово-кліматичних умов південного регіону України. Особливе значення має розвиток співпраці з профільними науковими установами та

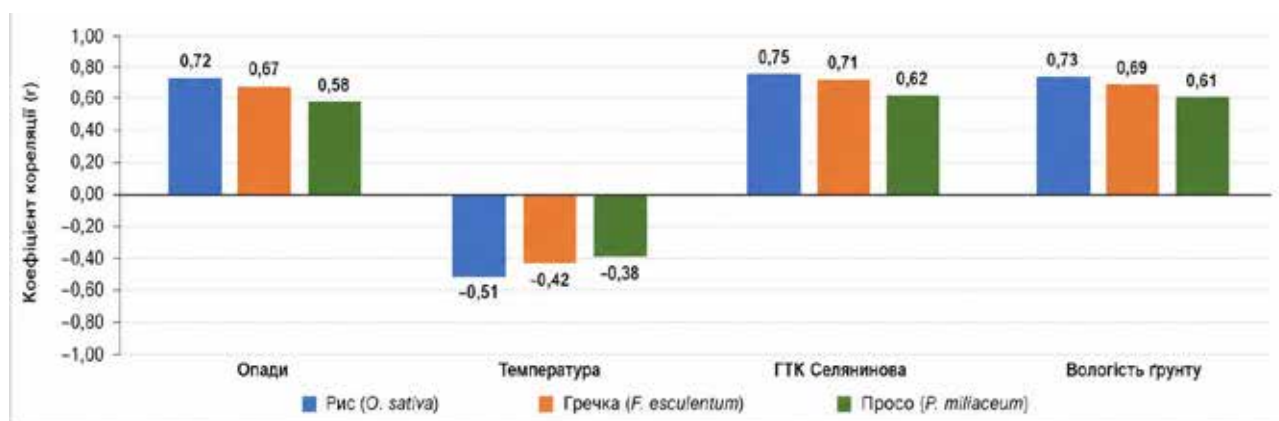


Рис. 1. Кореляційні зв'язки між врожайністю та кліматичними факторами (коефіцієнти Пірсона  $r$ , Україна, 2000-2025 рр.)

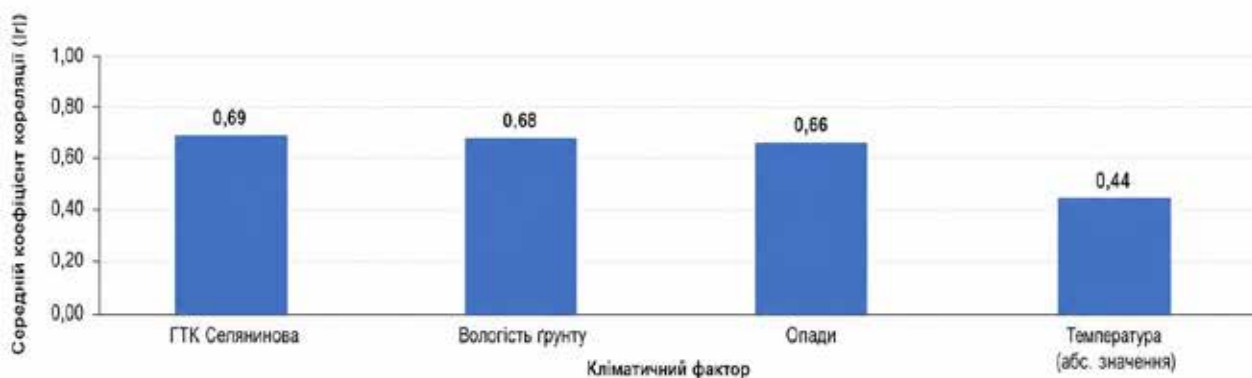


Рис. 2. Ієрархія впливу кліматичних факторів на врожайність круп'яних культур (узагальнені середні коефіцієнти кореляції  $|r|$ , Україна, 2000-2025 рр.)

селекційними центрами України, що здійснюють дослідження у сфері зрошувального землеробства та рисівництва, оскільки це є важливим чинником відновлення і стабілізації галузі [1].

Окремого значення набуває відновлення зрошувальних систем на новій технологічній основі. Перехід до енергоефективних технологій, таких як краплинне зрошення та дощувальні машини нового покоління, замість застарілих затопних методів, дозволяє скоротити водоспоживання на 40–50% і підвищити ефективність використання водних ресурсів [6].

Не менш важливою складовою є державна підтримка галузі, зокрема включення гречки до переліку об'єктів державного регулювання з встановленням мінімальних і максимальних інтервенційних цін, що сприятиме стабілізації ринку та зниженню цінових ризиків для виробників [1].

**Висновки.** Проведений аналіз свідчить про стійку тенденцію до зростання світового виробництва рису (до 523,7 млн т у 2025 р.) та зміщення центрів виробництва проса до країн Африки. Водночас виробництво гречки характеризується значною нестабільністю

з домінуванням Китаю, частка якого перевищує 50% світового виробництва.

В Україні галузь круп'яних культур зазнала суттєвих втрат унаслідок воєнних дій. У 2025 р. виробництво гречки скоротилося до 82,3 тис. т, що на 29,3% менше порівняно з попереднім роком, тоді як виробництво рису фактично було зруйноване.

Результати кореляційного аналізу підтвердили наявність прямої залежності між кількістю опадів і врожайністю ( $r = 0,58–0,72$ ) та від'ємного зв'язку з підвищенням температури ( $r = -0,38...-0,51$ ), що свідчить про негативний вплив кліматичних змін на продуктивність культур. Узагальнюючи, пріоритетами післявоєнного відновлення визначено впровадження адаптивних сортів, розвиток сучасних зрошувальних технологій, посилення державної підтримки та відновлення насінництва.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Averchev O., Fesenko H. Analysis of economic aspects of buckwheat, panicum and rice growing and production in Central and Eastern Europe and Ukraine. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2019. Vol. 5, No. 5. P. 213-221. DOI: 10.30525/2256-0742/2019-5-5-213-221.

2. Food and Agriculture Organization (FAO). FAOSTAT Statistical Database. Rome: FAO, 2025. URL: <https://www.fao.org/faostat> (дата звернення: 07.05.2026).
3. Аверчев О. В., Нікітенко М. П., Ворона П. С. Гречка татарська – перспективна культура для біорізноманіття та агроекологічної стійкості. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2025. Вип. 143, ч. 1. С. 12–19. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.1.2> (дата звернення: 22.04.2026).
4. National Bank of Ukraine. Inflation Report. October 2025. URL: <https://bank.gov.ua> (дата звернення: 14.04.2026).
5. Statista. Rice Market Report 2025. URL: <https://www.statista.com/study/14593/rice-statista-dossier> (дата звернення: 18.02.2026).
6. Tridge. Cereal crops in Ukraine have not yet been harvested from 19% of the area. 10.11.2025. URL: <https://www.tridge.com/news/cereal-crops-have-not-yet-been-ha-byzvha> (дата звернення: 26.03.2026).
7. Ukrainian Grain Association (UGA). Grain crops in Ukraine are harvested from over 62% of planned areas. 2025. URL: <https://uga.ua/en/news/grain-crops-in-ukraine-are-harvested-from-over-62> (дата звернення: 07.05.2026).
8. APK-Inform. 30 million tons of grain had been harvested in Ukraine. 2025. URL: <https://www.apk-inform.com/en/conferences/asia-grain-oils-tashkent-2025/news/1550595> (дата звернення: 07.05.2026).
9. Державна служба статистики України. *Статистичний збірник*. Київ : ДССУ, 2025. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 29.10.2025)
10. FAO. *World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2025*. Rome. 2025. Режим доступу: <https://doi.org/10.4060/cd4313en> (дата звернення: 10.11.2025)
11. Averchev O. V., Nikitenko M. P. Adaptive technologies for growing Tatar Buckwheat (*Fagopyrum tataricum*). *Modern agronomy trends. Innovation sustainable development and the future of agriculture : scientific monograph*. Riga : Baltija Publishing, 2025. P. 2–28. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-588-4-1>
12. Аверчев О. В., Нікітенко М. П., Йосипенко І. В. Економічні аспекти вирощування та виробництва гречки проса та рису в Україні. *Таврійський науковий вісник*. 2023. Вип. 129. С. 346. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.129.2>
- 143, part 1, pp. 12–19, available at: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.1.2> (Accessed 22 April 2026). [in Ukrainian]
4. National Bank of Ukraine (2025), *Inflation Report. October 2025*, available at: <https://bank.gov.ua> (Accessed 14 April 2026).
5. Statista (2025), *Rice Market Report 2025*, available at: <https://www.statista.com/study/14593/rice-statista-dossier> (Accessed 18 February 2026).
6. Tridge (2025), Cereal crops in Ukraine have not yet been harvested from 19% of the area, 10 November 2025, available at: <https://www.tridge.com/news/cereal-crops-have-not-yet-been-ha-byzvha> (Accessed 26 March 2026).
7. Ukrainian Grain Association (UGA) (2025), Grain crops in Ukraine are harvested from over 62% of planned areas, available at: <https://uga.ua/en/news/grain-crops-in-ukraine-are-harvested-from-over-62> (Accessed 07 May 2026).
8. APK-Inform (2025), 30 million tons of grain had been harvested in Ukraine, available at: <https://www.apk-inform.com/en/conferences/asia-grain-oils-tashkent-2025/news/1550595> (Accessed 07 May 2026).
9. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy (2025), *Statystychnyi zbirnyk* [Statistical collection], DSSU, Kyiv, available at: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (Accessed 29 October 2025). [in Ukrainian]
10. FAO (2025), *World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2025*, Rome, available at: <https://doi.org/10.4060/cd4313en> (Accessed 10 November 2025).
11. Averchev O.V., Nikitenko M.P. (2025), Adaptive technologies for growing Tatar Buckwheat (*Fagopyrum tataricum*), in: *Modern agronomy trends. Innovation sustainable development and the future of agriculture: scientific monograph*, Baltija Publishing, Riga, pp. 2–28, available at: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-588-4-1>.
12. Averchev O.V., Nikitenko M.P., Yosypenko I.V. (2023), *Ekonomichni aspekty vyroshchuvannia ta vyrobnytstva hrechky prosa ta rysu v Ukraini* [Economic aspects of buckwheat, millet and rice cultivation and production in Ukraine], *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, issue 129, p. 346, available at: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.129.2>. [in Ukrainian]

#### REFERENCES:

1. Averchev O., Fesenko H. (2019), Analysis of economic aspects of buckwheat, panicum and rice growing and production in Central and Eastern Europe and Ukraine, *Baltic Journal of Economic Studies*, vol. 5, no. 5, pp. 213–221. DOI: 10.30525/2256-0742/2019-5-5-213-221.
2. Food and Agriculture Organization (FAO) (2025), *FAOSTAT Statistical Database*, FAO, Rome, available at: <https://www.fao.org/faostat> (Accessed 07 May 2026).
3. Averchev O.V., Nikitenko M.P., Vorona P.S. (2025), *Hrechka tatarska – perspektyvna kultura dlia bioriznomanittia ta ahroekolohichnoi stiikosti* [Tatar buckwheat is a promising crop for biodiversity and agroecological sustainability], *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seria: Silskohospodarski nauky*, issue

**Аверчев О.В., Нікітенко М.П. Аналіз глобальних трендів виробництва *Fagopyrum esculentum*, *Panicum miliaceum* та *Oryza sativa*: наукове обґрунтування пріоритетів відновлення круп'яного підкомплексу України в умовах кліматичних та безпечних викликів**

**Мета.** Метою дослідження є аналіз світових тенденцій виробництва круп'яних культур та визначення пріоритетів відновлення круп'яного підкомплексу України в умовах воєнних викликів, кліматичних змін і трансформації аграрного ринку. Особливу увагу приділено оцінці динаміки виробництва, посівних площ, урожайності та впливу кліматичних чинників на продуктивність культур.

**Методи.** Інформаційну базу становили дані FAOSTAT, Державної служби статистики України, Української зернової асоціації, Statista, APK-Inform та наукові публікації. Використано системно-аналітичний, порівняльний, статистичний і графічний методи дослідження. Для оцінки впливу кліматичних чинників застосовано кореляційний

аналіз на основі коефіцієнтів Пірсона з використанням даних урожайності за 2000–2025 рр. та матеріалів кліматичного реаналізу.

**Результати.** Встановлено тенденцію до зростання світового виробництва рису, обсяги якого у 2025 р. досягли 523,7 млн т. Виявлено зміщення центрів виробництва проса до країн Африки та домінування Китаю у виробництві гречки й рису. В Україні спостерігається скорочення посівних площ і дестабілізація виробництва внаслідок воєнних дій, руйнування зрошувальної інфраструктури, кліматичних змін і логістичних обмежень. У 2025 р. виробництво гречки скоротилося до 82,3 тис. т, що на 29,3% менше порівняно з попереднім роком. Кореляційний аналіз підтвердив пряму залежність між кількістю опадів і врожайністю ( $r = 0,58–0,72$ ) та негативний вплив підвищення температури на продуктивність культур ( $r = -0,38...-0,51$ ).

**Висновки.** Обґрунтовано необхідність адаптації світового досвіду до умов України. Пріоритетами післявоєнного відновлення визначено впровадження адаптивних сортів, розвиток сучасних систем зрошення, відновлення насінництва та посилення державної підтримки галузі.

**Ключові слова:** продовольча безпека, агрокліматичні ризики, адаптивні технології, зрошувальні системи, зернокруп'яний сектор, статистичне оцінювання, агроекологічна стійкість, післявоєнне відновлення.

**Averchev O.V., Nikitenko M.P. Analysis of global production trends of *Fagopyrum esculentum*, *Panicum miliaceum* and *Oryza sativa*: scientific substantiation of priorities for the restoration of Ukraine's cereal subcomplex under climate and security challenges**

**Purpose.** The purpose of the study is to analyze global trends in cereal crop production and to identify priorities for the restoration of Ukraine's cereal subcomplex under

conditions of military challenges, climate change, and transformation of the agricultural market. Particular attention is paid to assessing the dynamics of production, harvested areas, yield levels, and the impact of climatic factors on crop productivity.

**Methods.** The information base included data from FAOSTAT, the State Statistics Service of Ukraine, the Ukrainian Grain Association, Statista, APK-Inform, and scientific publications. The research employed system-analytical, comparative, statistical, and graphical methods. Correlation analysis based on Pearson coefficients was used to assess the influence of climatic factors, using yield data for 2000–2025 and climate reanalysis materials.

**Results.** A growing trend in global rice production was identified, reaching 523.7 million tons in 2025. A shift in millet production centers toward African countries was observed, along with China's dominance in buckwheat and rice production. In Ukraine, a reduction in cultivated areas and destabilization of production were recorded due to military actions, destruction of irrigation infrastructure, climate change, and logistical constraints. In 2025, buckwheat production declined to 82.3 thousand tons, which is 29.3% lower compared to the previous year. Correlation analysis confirmed a direct relationship between precipitation and yield ( $r = 0.58–0.72$ ) and a negative impact of rising temperatures on crop productivity ( $r = -0.38$  to  $-0.51$ ).

**Conclusions.** The study substantiates the need to adapt international experience to Ukrainian conditions. Key post-war recovery priorities include the introduction of adaptive varieties, development of modern irrigation systems, restoration of seed production, and strengthening of state support for the sector.

**Key words:** food security, agroclimatic risks, adaptive technologies, irrigation systems, cereal sector, statistical assessment, agroecological sustainability, post-war recovery.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ МЕХАНІЧНОГО КОНТРОЛЮ БУР'ЯНІВ У СИСТЕМІ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПІД КУКУРУДЗУ НА ЗЕРНО (ZEA MAYS L.)

АНДРУЩЕНКО А.С. – аспірант

[orcid.org/0009-0006-0117-5154](https://orcid.org/0009-0006-0117-5154)

Національний університет біоресурсів і природокористування України

ПАВЛОВ О.С. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

[orcid.org/0000-0003-2948-7185](https://orcid.org/0000-0003-2948-7185)

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Постановка проблеми.** В Україні кукурудза останнє десятиріччя продовжує залишатися однією із стратегічних сільськогосподарських культур за площею та загальним виробництвом. За даними аналітичних оглядів [1] і національних статистичних зведень [2], площі під кукурудзою за останнє десятиліття демонстрували постійні темпи зростання, із деяким коливанням в окремі роки, пов'язаних із впливом зовнішніх викликів, включаючи кліматичні аномалії та геополітичні потрясіння. Аналіз статистичних даних показує, що середня врожайність країни залишалася в діапазоні 5–8 т/га у різні роки, при значних регіональних відмінностях: провідні господарства отримують стабільно вищі показники завдяки інтенсивним технологіям, тоді як дрібні виробники – значно нижчі.

Незважаючи на значний потенціал, виробництво кукурудзи в Україні стикається з низкою агрономічних викликів, серед яких забур'яненість посівів посідає провідне місце. Конкуренція бур'янів за вологу, поживні речовини та світло може суттєво знижувати продуктивність культури, особливо за інтенсивної технології. Дана проблематика стала ще більш актуальною в сучасних умовах кліматичних змін, адже через нерівномірне зволоження та посухи ця конкуренція стає ще жорсткішою. Такі гідротермічні варіації здатні вплинути на будь-який регіон країни. Проблема забур'яненості посівів кукурудзи є однією з актуальних тем для досліджень й у інших країнах, зокрема як стверджує Nuru Seid Tehulie, бур'яни є одним з найважливіших факторів у виробництві кукурудзи, що призводить до значних втрат в країнах Африки на південь від Сахари та Ефіопії (до 96 % та 88 % відповідно) [3].

Разом з тим, сучасні дослідження свідчать, що вплив бур'янів проявляється не лише через пряме виснаження ресурсів культури, але й через ранні фізіологічні зміни в рослині-хазяїні, формування стійкого насінневого банку та зміни у видовій структурі гетеротрофної частини агроценозу. Наприклад, дослідники Horvath et al. показали, що вже на ранніх фазах росту кукурудзи присутність бур'янів активує транскрипційні стрес-реакції в коренях культури [4]. Дослідження Schwartz-Lazaro & Copes щодо насінневого банку бур'янів, підкреслили

його ключову роль у довгостроковій динаміці забур'яненості агроценозів [5].

Основний обробіток ґрунту є ключовим елементом у формуванні культури землеробства та регулюванні рівня забур'яненості посівів. Його вибір здійснюється з урахуванням інтенсивності ерозійних процесів, біологічних особливостей вирощуваної культури, попередників, погодних умов, а також кількісного та видового складу бур'янів. Сукупність цих чинників визначає доцільність застосування конкретних способів і систем основного обробітку ґрунту [6, 7].

Оскільки система основного обробітку ґрунту суттєво модулює попередньо насіннєвий банк бур'янів, переміщення насіння в профілі ґрунту та умови їх проростання, коректний вибір технологічного підходу має ключове значення. Саме тому необхідно проаналізувати, як різні системи основного обробітку впливають на рівень забур'яненості посівів, та як це корелює з продуктивністю культури в українських і зарубіжних дослідженнях. У випадку *Zea mays* L., потенціал використання заходів основного обробітку ґрунту для контролю рясності сегетальної рослинності ще не повністю реалізований на локальному рівні, що й обумовило актуальність даного дослідження.

Враховуючи суттєвий брак такої інформації, **метою дослідження** було здійснити синтез наукових даних з урахуванням національного та світового досвіду щодо впливу різних систем основного обробітку ґрунту на забур'яненість посівів кукурудзи, а також зіставлення їх із показниками продуктивності.

Даний огляд складається з трьох основних розділів:

1. Сучасний стан виробництва кукурудзи в Україні;
2. Роль бур'янів у посівах кукурудзи;
3. Системи основного обробітку ґрунту та їх вплив на забур'яненість і продуктивність кукурудзи.

**Матеріали і методи.** Для реалізації мети дослідження були застосовані методи аналізу, синтезу, типології та класифікації, а також проблемно-хронологічний і ретроспективний підходи. Графічні та статистичні методи використовувалися для дослідження розміщення основних посівних площ, динаміки виробництва та врожайності кукурудзи, тоді як абстрактно-логічний





метод застосовувався для узагальнення та критичного аналізу ефективності різних систем обробітку ґрунту в технологіях вирощування кукурудзи та для формулювання висновків. Інформаційна база дослідження охоплює широкий спектр опублікованих джерел, зокрема наукові праці українських і зарубіжних фахівців різних напрямків, та включає статистичні дані Міністерства аграрної політики та продовольства України та Державної служби статистики України.

### 1. Сучасний стан виробництва кукурудзи в Україні

Кукурудза є однією з найцінніших кормових культур завдяки високій енергетичній цінності. Зерно кукурудзи використовується для продовольчих цілей (приблизно 20 %), на технічні потреби (15–20 %) та для фуражу (60–65 %). Воно є основним і незамінним компонентом концентрованих кормів, придатних для годування всіх видів сільськогосподарських тварин. З кукурудзяного зерна виготовляють понад 150 харчових і промислових продуктів, серед яких – борошно, крупи, пластівці, крохмаль, сиропи, глюкоза та інші. Крім того, у зв'язку з ростом цін на енергоресурси значно зросла зацікавленість у використанні кукурудзи як найбільш доступної сировини для виробництва біоетанолу [8].

Як зазначають дослідники Сидякіна О. В. та Іванів О. О., за період з 2000 по 2020 роки площі під кукурудзою на зерно у світі зросли на 47,5 %, окрім країн Океанії, у яких, навпаки, відбулося їх стрімке скорочення (починаючи з 2020) [9].

В Україні також спостерігається поступове розширення площ під посівами кукурудзи: відносно 2015 року вони зросли на 32 %, а порівняно з 2000 роком – збільшилися у чотири рази. За інформацією українських аналітичних оглядів [1, 9] та статистичних даних [2], у 2024 році під кукурудзою були зайняті значні площі у структурі посівних площ – близько 5,395 млн. га, із середньою врожайністю 5,62 т/га, її вирощують практично у всіх

регіонах, незалежно від кліматичних умов та розмірів господарств. Водночас, слід зазначити, що у 2022 році, в період активної фази війни в Україні, через порушення логістичних ланцюгів, обмеження постачання добрив, засобів захисту рослин, насіння та пального для сільськогосподарської техніки, а також через мінування полів та інші чинники, площі посівів кукурудзи скоротилися на 22 %. Середня врожайність культури знизилася до 6,35 т/га, що на 12 % менше, ніж у 2021 році. У результаті валове виробництво зерна зменшилося на 37,8 % і склало приблизно 27 млн. т, що призвело до зниження позицій України на два щаблі у світовому рейтингу країн-лідерів з виробництва та експорту кукурудзи [8].

Найбільші площі традиційно зосереджені у Полтавській, Чернігівській, Сумській, Вінницькій та Черкаській областях, які разом формують понад 50 % загального виробництва (рис. 1). При цьому, врожайність у різних регіонах суттєво відрізняється: у південних областях вона може перевищувати 6 т/га за сприятливих умов, тоді як у центральних та північних регіонах вона коливається від 4,5 до 5,5 т/га. Варто зазначити, що розвиток виробництва кукурудзи в Україні відбувається на фоні низки викликів. Одним із них є кліматична мінливість, що впливає на врожайність та стабільність продуктивності [10]. Так, у посушливі роки втрати врожаю можуть сягати 15–20 % навіть за дотримання агротехнічних заходів [11]. Крім того, новітні тенденції демонструють важливість застосування сучасних гібридів [12, 13], адаптованих до різних агроєкологічних зон, а також використання високопродуктивних технологій обробітку ґрунту [14] та систем живлення рослин [15]. Це дозволяє максимально використовувати потенціал культури та зменшити ризики втрат.

Таким чином, сучасне виробництво кукурудзи в Україні відзначається поступовим підвищенням

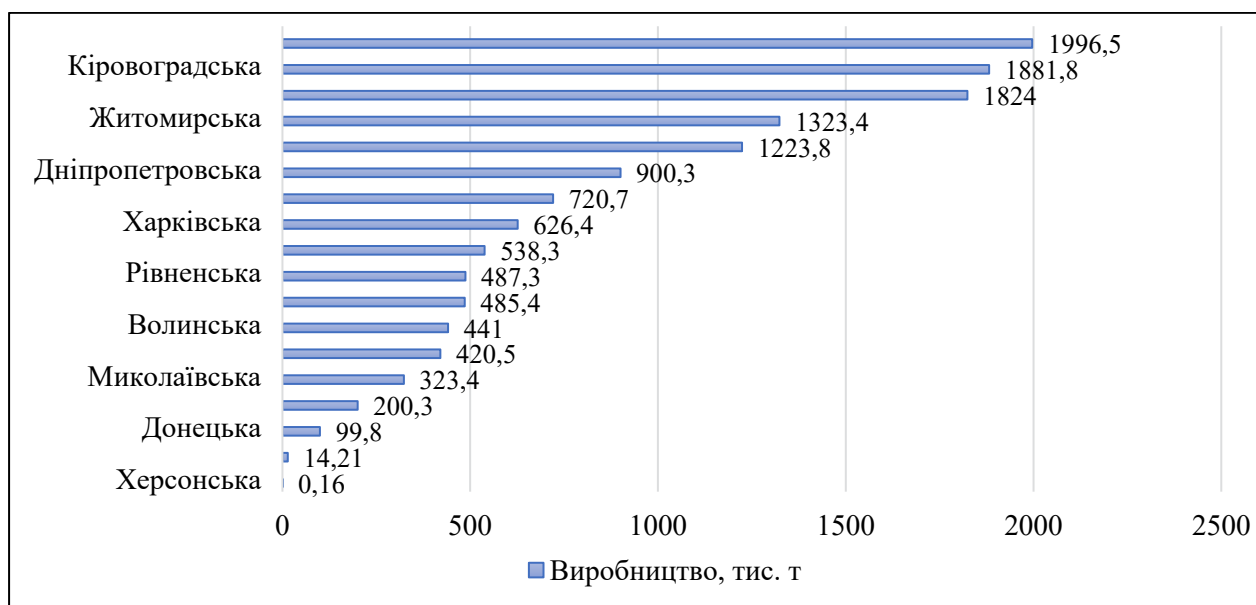


Рис. 1. Обсяг виробництва кукурудзи в Україні у 2023 році, тис. т

Джерело: Шкатула та ін., 2023 (зі змінами автора) [1]



продуктивності культури, хоча середній рівень врожайності все ще значно відстає від потенційного, при цьому технологічна диференціація, зумовлена вибором гібридів і застосуванням різних агротехнічних прийомів, суттєво впливає на кінцеві результати. Кукурудза зберігає стратегічне значення для країни на світовому ринку зерна, виступаючи важливим експортним товаром, водночас її вирощування залишається високочутливим до агроєкологічних умов і кліматичних змін, що формує додаткові вимоги до агротехнологій, зокрема і щодо систем основного обробітку ґрунту у контексті зменшення забур'яненості.

## 2. Роль бур'янів у посівах кукурудзи

Бур'яни є основним обмежуючим фактором у технологіях вирощування сільськогосподарських культур, зокрема і кукурудзи, що викликають значні втрати врожайності по всьому світу. Вони знижують продуктивність культури через пряму конкуренцію за обмежені ресурси – воду, легкодоступні форми мікро- і макроелементів та світло. Конкурентний ефект особливо критичний у фазах формування рослини та наливу зерна. Окрім прямої конкуренції, бур'яни можуть впливати опосередковано: бути джерелом запасу (резерваторами) шкідників і патогенів – збудників хвороб, порушувати мікроклімат (фітоклімат) у посіві та спричиняти фізіологічні стреси в культурних рослин.

Дослідження, що аналізують вплив бур'янів окремо від інших чинників, які впливають на структуру продуктивності кукурудзи, проводилися як українськими, так і закордонними вченими.

Одним із центральних аспектів є традиційна конкуренція за ресурси, інтенсивність забур'яненості прямо корелює зі зниженням продуктивності. Наприклад, дворічні польові дослідження в Пакистані показали, що при щільностях бур'янів *Parthenium hysterophorus* L. (Asteraceae) в 1, 2, 4, 8 і 16 екз./м<sup>2</sup> урожай кукурудзи знижувався відповідно на 14 %, 22 %, 29 %, 38 % та 46 % порівняно з ділянками без бур'янів [16].

У роботі Karimjojeni et al. були вивчені основні та складні геометричні характеристики насіння рослин кукурудзи, що конкурують з *Datura stramonium* L. або *Xanthium strumarium* за різної щільності бур'янів [17]. Встановлено, що такі характеристики як розмір, співвідношення сторін, еквівалентний діаметр, сферичність, площа поверхні та об'єм, суттєво зазнавали впливу конкуренції зі сторони бур'янів. Збільшення щільності бур'янів з 0 до 8 рослин на м<sup>2</sup> призвело до збільшення кута природного укусу з 27° до 29°, тоді як збільшення щільності бур'янів з 8 до 16 рослин на м<sup>2</sup> спричинило зменшення кута природного укусу до 28°. Збільшення щільності *D. stramonium* та *X. strumarium* до 16 рослин на м<sup>2</sup> спричинило зменшення максимальної маси 1000 насінин кукурудзи на 40,3 % та 37,4 % відповідно.

Важливим є також критичний період контролю бур'янів. У дослідженні зі Словенії за трьома режимами обробітку ґрунту та видалення бур'янів показано, що час видалення бур'янів має найвищий вплив на врожайність: чим довше бур'яни присутні до закриття міжрядь, тим більші втрати [18]. У роки з низькою кількістю опадів втрати могли сягати 40 % і більше. Водночас, як

стверджує Nuru Seid Tehulie, перші 3–6 тижнів після появи сходів кукурудзи – “критичний період контролю бур'янів” [3].

У дослідженні Horvath et al. здійснено глибокий аналіз і перехід до нової парадигми, яка передбачає, що бур'яни, в першу чергу, знижують врожайність сільськогосподарських культур, змінюючи процеси розвитку та фізіологію культур задовго до того, як бур'яни зменшать ресурси через конкуренцію [4]. Бур'яни запускають зміни в рослині-хазяїні ще на “кореновому” рівні. Встановлено, що при контакті кукурудзи з бур'янами на перших 4–8 тижнях розвитку активуються гени, відповідальні за окислювальний стрес, транспортування азоту, гормональні сигнали (у тому числі абсцизова кислота) та відповіді захисту. Адаптація до сьогодняшніх подібні дослідження зосереджувалися, переважно, на реакції надземних частин рослин, і не вивчалися ранні процеси передачі сигналів, пов'язані з реакцією коренів кукурудзи на бур'яни.

Незважаючи на постійні заходи щодо знищення бур'янів, вони зберігають здатність активно розвиватися завдяки наявності стійкого ґрунтового генетичного пулу – “банку насіння”. Його формування та динаміка визначають рівень і тривалість забур'янення посівів, тому розуміння механізмів його підтримання має ключове значення для ефективного управління забур'яненості агроценозів. Упродовж тривалого часу науковці зосереджувалися переважно на короткострокових підходах, спрямованих на зниження видимої чисельності бур'янів, тоді як питання довготривалого контролю насінневого банку залишалося другорядним [5].

Разом з тим, алелопатія бур'янів може впливати на проростання та ріст кукурудзи, але ефективність алелопатичних підходів у польових умовах обмежена. Зокрема, канатник Теофраста (*Abutilon theophrasti* Medik.) є сильним конкурентним бур'яном, який пригнічує ріст культури. Дослідження у контрольних умовах в чашках Петрі, горщиках та польових умовах показали, що порошок та екстракти цільового бур'яну знижують проростання насіння, ріст і врожайність кукурудзи, пшениці та сої, причому ефект залежить від концентрації [19]. Високі концентрації екстракту (10 мг/мл) змінюють структуру кореневого апекса і навіть призводять до загибелі зародка кукурудзи. *A. theophrasti* впливає на активність антиоксидантних ферментів, знижує вміст цукру та білка та пригнічує активність кореневої системи, що призводить до зменшення продуктивності культури.

У іншому дослідженні *Abutilon theophrasti*, яка містила 26 сполук, серед яких низькомолекулярні терпени ( $\alpha$ -пінен, евкаліптол,  $\alpha$ -терпінолен,  $\beta$ -терпінен, транс- $\alpha$ - і транс- $\beta$ -іонон) проявляла алелопатичну активність, пригнічуючи проростання та ріст розсади кукурудзи, пшениці і сої, найбільш чутливою виявилася пшениця [20]. Найсильніший ефект спостерігався у повітряному середовищі, помірний – через фільтрувальний папір та слабший – у ґрунті. Результати свідчать, що ці ненасичені вуглеводні (терпени) є основними алелохімічними компонентами, які знижують продуктивність цих культур.

Отже, роль бур'янів у посівах кукурудзи багатогранна – вони конкурують із культурою за ресурси, а також змінюють її фізіологічний стан і запускають відповіді стресу, що знижує потенціал урожаю. Рання конкуренція є найбільш критичною для формування врожайності, оскільки в цей період кукурудза особливо чутлива до дефіциту ресурсів. Разом з тим, довготривала стабільність агроєкосистеми визначається не стільки окремими заходами контролю, скільки структурою насінневого банку, яка відображає історію управління полем і тип обробітку ґрунту. Насіннєвий банк ґрунту визначає довгострокову динаміку забур'яненості, його природна довговічність ускладнює швидке зниження проблеми. Важливим є й те, що алелопатичні взаємодії між бур'янами та кукурудзою можуть відігравати не лише інгібуючу, а й регуляторну роль, формуючи склад ґрунтової мікробіоти та доступність певних елементів живлення. Цей аспект потребує подальших досліджень з урахуванням польових умов і біогеохімічних контекстів.

### 3. Системи основного обробітку ґрунту та їх вплив на забур'яненість і продуктивність кукурудзи

Обробіток ґрунту включає будь-який механічний вплив на ґрунт робочими органами ґрунтообробних знарядь з метою підвищення врожайності культур. Залежно від способу та глибини проведення обробітку ґрунту може відбуватися різноманітний вплив на актуальну та потенційну забур'яненість поля, зокрема, від цього залежить ефективність знищення вже вегетуючих бур'янових рослин, а також, характер розподілу їх насіння в оброблюваній товщі та його життєздатність [21].

Для оцінки впливу конкурентоспроможності бур'янів у посівах кукурудзи залежно від обробітку ґрунту (традиційний, зберігаючий та без обробітку ґрунту) було проведено польове дослідження у вологих кліматичних умовах Центральної Європи в Словенії [18]. Дослідження було поєднано з вивченням двох додаткових факторів – застосуванням гліфосату та термінами знищення бур'янів на стадіях розвитку кукурудзи BBCH 13, 16, 19 та 61, з підтримуванням контрольних ділянок (чисті і постійно забур'янені упродовж вегетації). Встановлено, що за умови нульового обробітку ґрунту суха маса бур'янів у період від сходів до фази цвітіння (BBCH 61) була стабільно нижчою, ніж за традиційного та зберігаючого обробітків. Тривалість критичного періоду контролю бур'янів у варіанті нульового обробітку становила 39 днів після появи сходів, тоді як за традиційного обробітку – 57 днів, а за зберігаючого – 58 днів. Менш інтенсивні системи обробітку зумовлювали більш ранню потребу в проведенні заходів контролю бур'янів – на 23-й день після сходів (фаза двох справжніх листків), тоді як за традиційного й нульового обробітків цей період припадав на фазу трьох листків (39–40 днів після сходів).

У дослідженні Bezvershuck та Fedoniuk оцінювалася ефективність агроєкологічних методів контролю бур'янів у посівах кукурудзи в зоні Полісся [22]. Експеримент включав три системи обробітку ґрунту (глибоку оранку, дискування та фрезерування), дві густоти посіву (1,1 та 1,3 посівної одиниці/га) і два підходи щодо застосування гербіцидів (внесення та відсутність внесення).

Дослідниками встановлено, що найвищий рівень забур'яненості спостерігався у варіанті з дискуванням, низькою густиною посіву та без гербіцидів – 22,3 рослин/м<sup>2</sup>, тоді як найнижчий – у варіанті з оранкою, високою густиною посіву та застосуванням гербіцидів – 12 рослин/м<sup>2</sup>. Варіанти з ущільненим посівом показали кращу здатність пригнічувати бур'яни незалежно від внесення гербіцидів, завдяки швидкому змиканню міжрядь та обмеженню доступу світла.

Польові трирічні дослідження Nesho Neshe та ін. з вивчення впливу кратності міжрядних обробітків ґрунту на ріст, розвиток та врожайність зерна кукурудзи встановили, що за проведення подвійного міжрядного обробітку у фазу розвитку культури BBCH 13–15 та 17–18 було досягнуто найкращих досліджуваних параметрів (висота рослин, довжина та діаметр качана, урожайність зерна, абсолютна та гектолітрова маса насіння) порівняно з контрольним варіантом без проведення міжрядних розпушувань. Разом з тим, застосування третього міжрядного обробітку призвело до зниження врожаю тому, його автори не рекомендують виконувати на практиці [23].

Інше трирічне польове дослідження, проведене дослідниками з Словенії, мало на меті кількісно визначити сезонні конкурентні відносини між покривними культурами та бур'янами, а також оцінити потенційні переваги врожаю для наступної культури кукурудзи. Дослідження враховувало не тільки тип покривних культур (один вид, чи функціонально різноманітна суміш із декількох видів), а також варіації в обробітку ґрунту (традиційний та зберігаючий). Інтенсивний традиційний передпосівний обробіток ґрунту мав обмежений вплив на конкуренцію покривних культур та бур'янів. Найвищі рівні пригнічення бур'янів протягом років та за різними методами обробітку ґрунту спостерігалися для редьки олійної та простої суміші покривних культур (81–85 %) [24].

У південно-західній Німеччині було проведено польові експерименти з метою дослідження потенціалу економії гербіцидів на сільськогосподарських ділянках з високою щільністю проблемних видів бур'янів на кукурудзі, сої та пшениці озимій. Механічне прополювання та два комбіновані хімічні з механічними методами прополювання порівнювалися з традиційним до- та післясходовим обприскуванням гербіцидами та необробленим контролем. Встановлено, що на кукурудзі комбінація розпушування та застосування гербіцидів досягла такої ж ефективності контролю бур'янів, як і лише хімічне прополювання. Розпушування видаляло менше бур'янів у рядках, ніж у міжряддях. Розпушування та боронування мали низьку ефективність контролю проти *Chenopodium album* та багаторічних видів бур'янів. Комбіновані обробки зменшили використання гербіцидів на 24–60 % порівняно зі звичайними гербіцидними обробками. Механічний та комбінований контроль бур'янів досяг таких же показників врожайності, як і звичайна обробка гербіцидами [25].

У дворічному польовому дослідженні, проведеному в умовах легкосуглинкових ґрунтів Північно-Західного Бангладешу, дослідники Sarker et al. оцінювали вплив

системи ґрунтозахисного землеробства на фізичні, хімічні та біологічні властивості ґрунту, врожайність і економічну ефективність рисово-кукурудзяної сівозміни. Застосування стрічкового обробітку (strip-till) у поєднанні з утриманням 25–50 % рослинних решток забезпечувало зниження щільності ґрунту, підвищення пористості, а також збагачення верхнього (0–10 см) шару ґрунту на розчинний органічний вуглець і мікробну біомасу (на 45–95 % порівняно з традиційним обробітком). У нижньому шарі (10–20 см) вміст органічних фракцій вуглецю був вищим на 8–37 %. Збереження решток у системі стрічкового обробітку підвищило врожайність кукурудзи на 14,0 %, а загальну продуктивність системи – на 14,1 %. Економічні показники також покращились: валовий прибуток зріс з 1515 до 1696 \$/га, а коефіцієнт вигідності – з 1,90 до 2,15 [26].

Українськими вченими Маренич та Коба проведено дослідження з порівняння ефективності трьох систем основного обробітку – оранки, смугового обробітку (strip-till) та глибокого рихлення – під час вирощування материнських ліній гібридів кукурудзи. Отримані результати показали, що за способами обробітку середня урожайність становила 4,32 т/га при оранці, 4,12 т/га при глибокому рихленні та 3,93 т/га при strip-till. Результати багатофакторного дисперсійного аналізу показали, що генетичні особливості рослин визначали 54 % впливу на урожайність, тоді як система обробітку ґрунту – 41 % [27].

Автором даної статті досліджено зміну показників забур'яненості посівів кукурудзи за традиційної оранки/глибокого розпушування та мінімального обробітку (2024–2025 рр.) в умовах зони Лісостепу (Київська область). Дані досліджень продемонстрували суттєве позитивне зниження в 2–2,5 рази багаторічних кореневищних та коренепаросткових бур'янів за оранки/глибокого розпушування у порівнянні з мінімальним обробітком ґрунту. Проте загальна чисельність легкозніщуваних бур'янів зростала.

**Висновки.** Узагальнено результати українських та зарубіжних вчених щодо виробництва кукурудзи, ролі бур'янів та їх конкурентоспроможності в агроценозі кукурудзи. Проаналізовано залежність урожайності кукурудзи від рівня забур'яненості за різних систем обробітку ґрунту. Сучасні підходи до контролю бур'янів на кукурудзі у контексті впливу різних систем основного обробітку ґрунту, розглядають їх не просто як негативний компонент, а як частину більшої системи в агроценозі, де важливо розуміти причинно-наслідкові зв'язки, а не лише боротися з наслідками.

Практична значущість полягає у закладанні підґрунтя для формулювання науково-обґрунтованих рекомендацій стосовно застосування оптимальних прийомів обробітку ґрунту, які сприяють зниженню забур'яненості, забезпечуючи при цьому високу врожайність кукурудзи *Zea mays* L. Разом з тим, дане дослідження має певні обмеження щодо ефективної інтеграції для української аграрної практики, які можуть бути охоплені майбутніми напрямками дослідження. Серед найбільш важливих – сучасні тенденції інтегрованого та диференційованого підходів до контролю бур'янів у сівозмінах.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Шкатула Ю. М., Забарна Т. А., Остапчук Р. В. Сучасний стан виробництва кукурудзи в Україні. *Таврійський науковий вісник*. 2023. Вип. 139. Ч. 2. С. 182–189.
- Статистичний збірник “Сільське господарство України 2022” : Державна служба статистики України. 2023. С. 162.
- Nuru Seid Tehulie. Review on critical period of weed competition and management in maize (*Zea mays* L.). *Crop and Pasture Science*. July 2021. P. 44–48.
- Horvath D. P., Doherty C. J., Desai J., Clark N., Anderson J. V., Chao W. S. Weed-induced changes in the maize root transcriptome reveal transcription factors and physiological processes impacted early in crop-weed interactions. *AoB Plants*. 2023. Vol. 3. № 1. P. 1–13.
- Schwartz-Lazaro L. M., Copes J. T. A review of the soil seedbank from a weed scientists perspective. *Agronomy*. 2019. Vol 9. № 7. P. 1–13.
- Гутянський Р. А., Попов С. І., Костромітін В. М., Кузьменко Н. В., Глибокий О. М. Вплив основного обробітку ґрунту та удобрення на забур'яненість посівів соняшнику. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2021. Вип. 1. С. 60–68.
- Павлов О. С. Забур'яненість посівів кукурудзи на зерно залежно від систем землеробства в Правобережному Лісостепу України. *Карантин і захист рослин*. 2016. Вип. 2–3. Ч. 234. С. 12–14.
- Дем'янюк О. С., Матусевич Г. Д., Мазур С. О., Шацман Д. О., Бухтик С. С., Посунько А. О. Пшениця, кукурудза та соняшник – основні культури українського експорту. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2023. Вип. 4. Ч. 10. С. 41–50.
- Сидякіна О. В., Іванів О. О. Сучасний стан і перспективи виробництва зерна кукурудзи. *Таврійський науковий вісник*. 2023. Вип. 130. С. 225–234.
- Tarariko Y., Zosymchuk M., Stetsiuk M., Zosymchuk O., Danylytskiy O., Soroka Y., Hulencko O. Features of maize growing for grain in the western Forest zone of Ukraine in the conditions of current climate changes. *Land Reclamation and Water Management*. 2023. Vol. 2. P. 83–96.
- Boiko P., Kovalenko N., Yurkevych Y., Albul S., Valentiuk N. Maize production and trade and scientific technological solutions to mitigate climate change impact in Ukraine. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2023. Vol. 23. № 4. P. 103–112.
- Marchenko T., Skakun V., Lavrynenko Yu., Zavalnyuk O., Skakun Ye. Biometric parameters and yield of maize hybrids in dependence on agricultural technology elements. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26. № 11. P. 90–99.
- Yurchenko S., Stepanenko B., Khachaturian A. Grain yield of corn hybrids depends on their maturity group. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. Vol. 27. № 4. P. 66–71.
- Hanhur V., Marenych M., Yermenko L., Shostia A., Puzyr D., Kyrlytsia A. The influence of the methods of main tillage on the yield of maize hybrids in the conditions of the Left Bank Forest Steppe. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. Vol. 26. № 4. P. 19–23.
- Ivaniuk V., Hnativ P., Olifir Yu. Influence of nitrogen fertilizers on the formation of corn grain yield and

- nitrogen use efficiency. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Series Agronomy*. 2022. Vol. 26. P. 170–176.
16. Naderi R., Ali K., Rehman A. et al. Estimating the impact on maize production by the weed *Parthenium hysterophorus* in Pakistan. *CABI Agric Biosci*. 2024. Vol. 5. № 1. P. 1–6.
  17. Karimmojeni H., Rahimian H., Alizadeh H., Yousefi A. R., Gonzalez-Andujar J. L., Sweeney E. M., Mastinu A. Competitive Ability Effects of *Datura stramonium* L. and *Xanthium strumarium* L. on the Development of Maize (*Zea mays*) Seeds. *Plants (Basel)*. 2021. Vol. 10. № 9. P. 1–13.
  18. Adamic Zamljen S., Leskovsek R. Critical period of weed control in maize as influenced by soil tillage practices and glyphosate application. *Agronomy*. 2024. Vol. 14. № 1. P. 1–12.
  19. Tian M., Li Q., Zhao W., Qiao B., Shi S., Yu M., Li X., Zhao C. Potential allelopathic interference of *Abutilon theophrasti* Medik. powder/extract on seed germination, seedling growth and root system activity of maize, wheat and soybean. *Agronomy*. 2022. Vol. 12. № 4. P. 1–16.
  20. Li C. Y., Tian Y., Yu M. T., Zhao C. J. Allelopathic effects of velvetleaf volatile oil on germination and seedling growth of wheat, maize, and soybean. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*. 2020. Vol. 31. № 7. P. 2251–2256.
  21. Maqsood Q., Abbas R. N., Iqbal M. A., Serap K. A., Iqbal A., Sabagh El. A. Overviewing weed control by agronomic management of weed seed bank for boosting maize yield. *Planta Daninha*. 2020. Vol. 38. P. 1–10.
  22. Bezvershuck I., Fedoniuk T. Sustainable weeds management in maize cultivation: Evaluating agroecological practices and tillage systems. *Scientific Horizons*. 2025. Vol. 28. № 7. P. 22–33.
  23. Nesho Neshev, Hristiyana Hristova, Mariyan Yaney, Anyo Mitkov. Influence of the inter-row tillage on vegetative and productive performance of maize (*Zea mays* L.). *Bulgarian Journal of Crop Science*. 2025. Vol. 62. № 4. P. 3–8.
  24. Robert Leskovsek, Sergeja A. Z., Klemen Eler. Weed suppression and maize yield influenced by cover crop mixture diversity and tillage. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2025. Vol. 383. P. 1–11.
  25. Gerhards R., Hüsgen K., Gehring K. Evaluation of mechanical and combined chemical with mechanical weeding in maize (*Zea mays* L.), soybean (*Glycine max* (L.) Merr. and winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Soil Environ*. 2024. Vol. 70. P. 751–759.
  26. Sarker M. R., Galdos M. V., Challinor A. J., Huda M. S., Chaki A. K., Hossain A. Conservation tillage and residue management improve soil health and crop productivity – evidence from a rice-maize cropping system in Bangladesh. *Frontiers in Environmental Science*. 2022. Vol. 10. P. 1–26.
  27. Маренич М. М., Коба К. В. Вплив обробітку ґрунту на урожайність материнських ліній гібридів кукурудзи. *Scientific Progress & Innovations*. 2024. Вип. 27. Ч. 1. С. 19–23.
  28. Statystychnyi zbirnyk “Silske gospodarstvo Ukrainy 2022” [Statistical collection “Agriculture of Ukraine 2022”]: Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. 2023. P. 162. [in Ukrainian].
  29. Nuru Seid Tehulie. (2021). Review on critical period of weed competition and management in maize (*Zea mays* L.). *Crop and Pasture Science*. P. 44–48.
  30. Horvath D. P., Doherty C. J., Desai J., Clark N., Anderson J. V., Chao W. S. (2023). Weed-induced changes in the maize root transcriptome reveal transcription factors and physiological processes impacted early in crop-weed interactions. *AoB Plants*. Vol. 3. № 1. P. 1–13.
  31. Schwartz-Lazaro L. M., Copes J. T. (2019). A review of the soil seedbank from a weed scientists perspective. *Agronomy*. Vol. 9. № 7. P. 1–13.
  32. Hutianskyi R. A., Popov S. I., Kostromitin V. M., Kuzmenko N. V., Hlubokyi O. M. (2021). Vplyv osnovnogo obrobittu ґрунту ta udobrennia na zaburianenist posviv soniashnyku. [The effect of basic tillage and fertilization on weed infestation in sunflower crops]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria*. Vol. 1. P. 60–68. [in Ukrainian].
  33. Pavlov O. S. (2016). Zaburianenist posviv kukurudzy na zerno zalezno vid system zemlerobstva v Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy. [Weed infestation grain corn crops depending on farming systems in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Karantyn i zakhyst roslyn*. Vol. 2–3. № 234. P. 12–14. [in Ukrainian].
  34. Demianiuk O. S., Matusevych H. D., Mazur S. O., Shatsman D. O., Bukhtyk S. S., Posunko A. O. (2023). Pshenytsia, kukurudza ta soniashnyk – osnovni kultury ukrainskoho eksportu. [Wheat, corn and sunflower are the main crops of Ukrainian export]. *Zemlerobstvo ta roslynnytstvo: teoriia i praktyka*. Vol. 4. № 10. P. 41–50. [in Ukrainian].
  35. Sydiakina O. V., Ivaniv O. O. (2023). Suchasnyi stan i perspektyvy vyrobnytstva zerna kukurudzy. [Current status and prospects of corn grain production]. *Tavriiskyi naukovi visnyk*. Vol. 130. P. 225–234. [in Ukrainian].
  36. Tarariko Y., Zosymchuk M., Stetsiuk M., Zosymchuk O., Danylytskiy O., Soroka Y., Hulencko O. (2023). Features of maize growing for grain in the western Forest zone of Ukraine in the conditions of current climate changes. *Land Reclamation and Water Management*. Vol. 2. P. 83–96.
  37. Boiko P., Kovalenko N., Yurkevych Y., Albul S., Valentiuk N. (2023). Maize production and trade and scientific technological solutions to mitigate climate change impact in Ukraine. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. Vol. 23. № 4. P. 103–112.
  38. Marchenko T., Skakun V., Lavrynenko Yu., Zavalnyuk O., Skakun Ye. (2023). Biometric parameters and yield of maize hybrids in dependence on agricultural technology elements. *Scientific Horizons*. Vol. 26. № 11. P. 90–99.
  39. Yurchenko S., Stepanenko B., Khachaturian A. (2024). Grain yield of corn hybrids depends on their maturity group. *Scientific Progress & Innovations*. Vol. 27. № 4. P. 66–71.
  40. Hanhur V., Marenich M., Yermenko L., Shostia A., Puzyr D., Kyrlytsia A. (2023). The influence of the methods of main tillage on the yield of maize hybrids in the

## REFERENCES:

1. Shkatula Yu. M., Zabarna T. A., Ostapchuk R. V. (2023). Suchasnyi stan vyrobnytstva kukurudzy v Ukraini. [Current status of corn production in Ukraine]. *Tavriiskyi naukovi visnyk*. Vol. 139. № 2. P. 182–189. [in Ukrainian].

- conditions of the Left Bank Forest Steppe. *Scientific Progress & Innovations*. Vol. 26. № 4. P. 19–23.
15. Ivaniuk V., Hnativ P., Olifir Yu. (2022). Influence of nitrogen fertilizers on the formation of corn grain yield and nitrogen use efficiency. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Series Agronomy*. Vol. 26. P. 170–176.
  16. Naderi R., Ali K., Rehman A. et al. (2024). Estimating the impact on maize production by the weed *Parthenium hysterophorus* in Pakistan. *CABI Agric Biosci*. Vol. 5. № 1. P. 1–6.
  17. Karimmojeni H., Rahimian H., Alizadeh H., Yousefi A. R., Gonzalez-Andujar J. L., Sweeney E. M., Mastinu A. (2021). Competitive Ability Effects of *Datura stramonium* L. and *Xanthium strumarium* L. on the Development of Maize (*Zea mays*) Seeds. *Plants (Basel)*. Vol. 10. № 9. P. 1–13.
  18. Adamic Zamljen S., Leskovsek R. (2024). Critical period of weed control in maize as influenced by soil tillage practices and glyphosate application. *Agronomy*. Vol. 14. № 1. P. 1–12.
  19. Tian M., Li Q., Zhao W., Qiao B., Shi S., Yu M., Li X., Zhao C. (2022). Potential allelopathic interference of *Abutilon theophrasti* Medik. powder/extract on seed germination, seedling growth and root system activity of maize, wheat and soybean. *Agronomy*. Vol. 12. № 4. P. 1–16.
  20. Li C. Y., Tian Y., Yu M. T., Zhao. C. J. (2020). Allelopathic effects of velvetleaf volatile oil on germination and seedling growth of wheat, maize, and soybean. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*. Vol. 31. № 7. P. 2251–2256.
  21. Maqsood Q., Abbas R. N., Iqbal M. A., Serap K. A., Iqbal A., Sabagh El. A. (2020). Overviewing weed control by agronomic management of weed seed bank for boosting maize yield. *Planta Daninha*. Vol. 38. P. 1–10.
  22. Bezvershuck I., Fedoniuk T. (2025). Sustainable weeds management in maize cultivation: Evaluating agro-ecological practices and tillage systems. *Scientific Horizons*. Vol. 28. № 7. P. 22–33.
  23. Nesho Neshev, Hristiyana Hristova, Mariyan Yanev, Anyo Mitkov. (2025). Influence of the inter-row tillage on vegetative and productive performance of maize (*Zea mays* L.). *Bulgarian Journal of Crop Science* Vol. 62. № 4. P. 3–8.
  24. Robert Leskovsek, Sergeja A. Z., Klemen Eler. (2025). Weed suppression and maize yield influenced by cover crop mixture diversity and tillage. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. Vol. 383. P. 1–11.
  25. Gerhards R., Hüsgen K., Gehring K. (2024). Evaluation of mechanical and combined chemical with mechanical weeding in maize (*Zea mays* L.), soybean (*Glycine max* (L.) Merr. and winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Soil Environ*. Vol. 70. P. 751–759.
  26. Sarker M. R., Galdos M. V., Challinor A. J., Huda M. S., Chaki A. K., Hossain A. (2022). Conservation tillage and residue management improve soil health and crop productivity – evidence from a rice-maize cropping system in Bangladesh. *Frontiers in Environmental Science*. Vol. 10. P. 1–26.
  27. Marenych M. M., Koba K. V. (2024). Vplyv obrobittu ґрунту na urozhainist materynskykh liniy hibrydiv kukurudzy. [The effect of soil cultivation on the yield of maternal lines of corn hybrids]. *Scientific Progress & Innovations*. Vol. 27. № 1. P. 19–23. [in Ukrainian].
- Андрущенко А.С., Павлов О.С. Сучасний стан та перспективи механічного контролю бур'янів у системі основного обробітку ґрунту під кукурудзу на зерно (*Zea mays* L.)**
- Мета.** Провести аналітичний огляд сучасних наукових досліджень щодо впливу різних систем основного обробітку ґрунту (традиційної та альтернативних технологій обробітку) на рівень забур'яненості та продуктивність посівів кукурудзи (*Zea mays* L.). **Матеріали та методи.** Методологічну основу дослідження становлять сучасні наукові праці українських і зарубіжних вчених щодо особливостей впливу різних методів основного обробітку ґрунту на рівень забур'яненості та продуктивності посівів кукурудзи (*Zea mays* L.). Методи дослідження включають системний підхід, порівняльний аналіз та узагальнення. **Результати.** Наведено огляд літератури, де описано актуальні системи основного обробітку ґрунту, які застосовуються в сучасних технологіях вирощування кукурудзи у контексті зменшення забур'яненості посівів, вказано на їх переваги та обмеження, та як це корелює з продуктивністю культури. Єдиного стандарту для багатьох методів обробітку, що обговорюються в даній роботі, наразі не існує, тому розглянуто різні підходи, ефективність яких була підтверджена експериментально і вважається задовільною. Передусім описано методи традиційного обробітку ґрунту, що включають оранку для глибокого обертання та розпушування ґрунту. Далі обговорюються найбільш важливі альтернативні системи обробітку, у першу чергу – мінімальний обробіток (Mini-till), стрічкова (Strip-till) та нульова (No-till) технології обробітку. Також частково описано комбіновані та диференційовані системи обробітку. **Висновки.** Отримані узагальнення можуть слугувати теоретичною базою для оптимізації систем основного обробітку ґрунту з метою підвищення екологічної стабільності агроecosистем і продуктивності посівів кукурудзи (*Zea mays* L.), а також задля зменшення загальної чисельності шкочодочинної рослинності та насінневого банку у посівах досліджуваної культури та при подальшому вирощуванні інших культурних рослин.
- Ключові слова:** інтенсивний обробіток, мінімальний обробіток, кількість бур'янів, насінневий банк, урожайність.
- Andrushchenko A.S., Pavlov O.S. Current status and prospects of mechanical weed control in the main tillage system for grain corn (*Zea mays* L.)**
- The aim** is to conduct an analytical review of the current scientific research on the impact of different tillage methods (traditional and alternative tillage technologies) on the level of weed infestation and the productivity of maize (*Zea mays* L.). **Materials and methods.** The study is based on modern scientific works by Ukrainian and foreign scientists on the impact of various primary soil cultivation systems on weed infestation levels and productivity of maize. The research methods employed include a systematic approach, comparative analysis and generalization. **Results.** This paper provides an overview of the literature on current primary tillage systems used in modern corn cultivation technologies, with a focus on reducing weed infestation. It outlines the advantages and limitations of these systems and their correlation with crop productivity. As there is currently no single standard for many of the tillage methods discussed, various approaches are considered which have been experimentally confirmed to be effective and satisfactory. First, traditional

tillage methods are described, including ploughing to turn and loosen the soil deeply. Next, the most important alternative tillage systems are discussed, primarily minimum tillage ('mini-till'), strip-till and no-till technologies. Combined and differentiated tillage systems are also described briefly.

**Conclusions.** The generalizations obtained can serve as a theoretical basis for optimizing primary tillage systems with

the aim of improving the ecological stability of agroecosystems and the productivity of maize (*Zea mays* L.), as well as to reduce the total number of harmful vegetation and the seed bank in the crops of the studied crop and in the subsequent cultivation of other cultivated plants.

**Key words:** intensive tillage, reduced tillage, weed number, seed bank, yield.

Дата першого надходження статті до видання: 29.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

УДК 631.53:633.15

DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.36.3>

## ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ВРОЖАЮ КУКУРУДЗИ ЗА ПОЄДНАННЯ МІНЕРАЛЬНОГО ТА БІОЛОГІЧНОГО ЖИВЛЕННЯ В ЦЕНТРАЛЬНОМУ ЛІСОСТЕПУ

АНТОНЕНКО О.О. – аспірант кафедри рослинництва

[orcid.org/0009-0005-5488-896X](https://orcid.org/0009-0005-5488-896X)

Національний університет біоресурсів і природокористування України

ДОВГЕЛЯ О.М. – кандидат сільськогосподарських наук, докторант

[orcid.org/0009-0006-7000-0358](https://orcid.org/0009-0006-7000-0358)

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

**Постановка проблеми.** Кукурудза, як і інші зернові культури, потребує ретельного дотримання технологічних прийомів вирощування. Як зазначає J.J. Milander [1], одним із ключових елементів сучасних технологій є оптимізація системи живлення з урахуванням впливу окремих видів добрив та їх поєднань на формування структури врожаю. Разом з тим, навколишнє середовище, густина стояння рослин, гібрид та водний режим істотно впливають на рівень та структурні показники врожайності зерна культури.

Традиційні технології вирощування кукурудзи ґрунтуються на застосуванні підвищених норм мінеральних добрив, що забезпечує високий рівень урожайності, однак супроводжується значними енерговитратами та зниженням коефіцієнта використання поживних елементів рослинами [2, 3]. Перспективним напрямом удосконалення системи живлення культури є поєднання мінеральних добрив із мікробіологічними препаратами, здатними активізувати біологічні процеси в ґрунті, мобілізувати важкодоступні форми поживних елементів та стимулювати адаптаційні можливості рослин [4, 5].

Для підвищення рівня реалізації біологічного потенціалу кукурудзи важливе значення має впровадження у виробництво сучасних ефективних конкурентоспроможних технологій вирощування, які повинні базуватися на підборі адаптованих для зони високопродуктивних гібридів за оптимізації умов макро– і мікроелементного живлення, штучного зволоження, застосування сучасних біостимуляторів росту [6]. В умовах глобальних кліматичних змін, що супроводжуються нестабільним вологозабезпеченням у критичні фази розвитку культури, ефективність традиційного кореневого живлення суттєво обмежується. Це зумовлює необхідність впровадження позакоренових підживлень та використання ендоефітних мікроорганізмів, які здатні забезпечувати рослину азотом безпосередньо через листовий апарат, нівелюючи ризики від пересихання орного шару ґрунту.

Важливим аспектом сучасних досліджень є вивчення взаємодії між мінеральними добривами, мікродобривами та біологічними стимуляторами. Оптимізація такого поєднання дозволяє не лише стабілізувати масу 1000 насінин у стресових умовах, а й підвищити окупність кожної одиниці внесеного добрива врожаєм зерна

[7]. Особливої ваги набуває питання регулювання густоти стояння рослин, оскільки загущення посівів посилює конкуренцію за вологу та елементи живлення, що без відповідної мікробіологічної підтримки призводить до зменшення виповненості та лінійних розмірів зерна. Також, за надмірного загущення або зрідження посівів відбувається погіршення якісних показників, зокрема зниження вмісту сирого протеїну в зерні [8, 9].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Ефективність сучасних агротехнологій також тісно пов'язана з оптимізацією щільності стеблостою. Згідно з дослідженнями, максимальна врожайність досягається за умови оптимального поєднання густоти стояння та рівня мінерального живлення [10, 11]. При цьому маса 1000 насінин виступає ключовим індикатором якості зернівок та одним із найбільш стабільних показників структури врожаю, що відображає рівень адаптації гібрида до умов вирощування [12]. У контексті глобальних кліматичних змін та необхідності зниження пестицидного й агрохімічного навантаження, особливого значення набувають екологічно безпечні біопрепарати. Сучасні наукові праці підкреслюють, що біостимулятори не лише активізують фізіологічні процеси та посилюють стійкість до абіотичних стресів, але й здатні суттєво покращувати азотний метаболізм рослин [13, 14].

За даними сучасних досліджень R. Torres Vera et al. (2024), встановлено, що бактерія *Methylobacterium symbioticum* здатна вступати в симбіотичну взаємодію з рослинами, забезпечуючи їх додатковими обсягами атмосферного азоту. За позакоренового внесення у вигляді водного розчину відбувається колонізація рослин асоційованими мікроорганізмами, які можуть зберігати життєздатність і функціональну активність протягом усього вегетаційного періоду. За таких умов рівень додаткового азотного живлення культурних рослин може становити 20–30 кг/га і більше [15].

Водночас результати польових досліджень, проведених у 2021–2022 рр., свідчать про значну варіабельність ефективності азотфіксації залежно від умов вирощування. Так, за даними Rodrigues et al. (2024), обсяги фіксованого азоту рослинами кукурудзи під впливом *Methylobacterium symbioticum* коливалися від 14,5 до 58,8 кг/га. Це підтверджує доцільність подальших



досліджень, спрямованих на уточнення ефективності застосування азотфіксуючих біопрепаратів залежно від культури, ґрунтово-кліматичних умов та технологічних особливостей її вирощування [16].

Крім фізіологічних переваг, інокуляція *Methylobacterium symbioticum* може впливати на формування якісних показників та післязбиральні характеристики зерна кукурудзи. За даними Bolla et al. (2025), застосування азотфіксуючого біопрепарату в поєднанні з мінеральним азотним живленням сприяло інтенсифікації фізіологічних процесів, пов'язаних із дозріванням рослин, що проявлялося у тенденції до зниження вологості зерна на момент збирання, порівняно з варіантами без інокуляції. Такий ефект має практичне значення з огляду на потенційне скорочення витрат на післязбиральну обробку врожаю. Аналіз біохімічного складу зерна засвідчив позитивний вплив інокуляції на показники його якості, зокрема відмічалася тенденція до підвищення вмісту білка та збільшення маси 1000 насінин за оптимального поєднання мінерального та біологічного живлення. Водночас, надмірні дози мінерального азоту без використання мікробіологічних препаратів супроводжувалися погіршенням окремих якісних показників зерна, що підтверджує важливу роль ендоситних мікроорганізмів у регуляції азотного обміну та формуванні повноцінного врожаю кукурудзи [17].

За даними низки досліджень, ефективність азотного живлення кукурудзи значною мірою залежить не лише від рівня внесення азоту, а й від застосування інгібіторів уреаз та біологічних препаратів. Встановлено, що підвищення норми азотних добрив з  $N_{100}$  до  $N_{140}$  забезпечує істотне зростання урожайності зерна, тоді як подальше збільшення до  $N_{180}$  не завжди є економічно виправданим, особливо за менш сприятливих погодних умов. Застосування інгібіторів уреаз та біопрепаратів сприяло підвищенню ефективності використання азоту, зменшенню його втрат і покращенню елементів структури врожаю, зокрема маси 1000 насінин кукурудзи, порівняно з варіантами без біологічної підтримки [18].

Отже, дослідження ефективності використання мінеральних добрив у поєднанні з азотфіксатором в системі підживлення кукурудзи є важливим завданням. Це дозволить створити сприятливі умови для росту і розвитку

рослин культури, а також для одержання високої її продуктивності, що є актуальним.

**Мета** – дослідити вплив сумісного застосування мінеральних добрив та азотфіксатора на структурні показники продуктивності кукурудзи за різної густоти стояння рослин в умовах Центрального Лісостепу України.

**Матеріали та методи.** Дослідження проводили у 2023–2025 рр. згідно із загальноприйнятими методиками [19, 20] на базі СТОВ «Любарецьке» (Київська обл., Бориспільський р-н) ( $50^{\circ}17'22.8''N$ ,  $31^{\circ}09'37.6''E$ ). Випробування проводили на посівах гібриду кукурудзи Р9255 (ФАО 330) за чотирикратного повторення. Розмір облікової ділянки – 33 м<sup>2</sup>, розміщення – послідовне багаторядне. Ґрунтовий покрив дослідного поля представлений чорноземом опідзоленим малогумусним. Агрохімічна характеристика орного шару (0–20 см) свідчить про такий стан родючості: вміст гумусу – 3,8%, рухомих форм сполук азоту ( $NO_3$ ) – 2,05 мг/100 г ґрунту, рухомого фосфору ( $P_2O_5$ ) – 7,3 мг/100 г та обмінного калію ( $K_2O$ ) – 14,0 мг/100 г ґрунту.

Методологія польового дослідження базувалася на вивченні взаємодії різних доз мінеральних добрив та азотфіксатора. Дослідна схема передбачала порівняння цих варіантів із контрольними ділянками (без внесення добрив та із застосуванням лише біопрепарату) на фоні трьох рівнів густоти стояння рослин (табл. 1).

Мінеральне удобрення здійснювали відповідно до схеми польового дослідження з дотриманням встановлених норм внесення. Для цього використовували нітроамофоску ( $N_{15}P_{15}K_{15}$ ) у поєднанні з карбамідом ( $N_{46}$ ). Добрива, внесені по поверхні ґрунту, загортали культиватором на глибину 10–12 см. У період вегетації кукурудзи, у фазу розвитку 5–6 листків, на варіантах дослідження проводили позакореневе оброблення рослин біопрепаратом у рекомендованій нормі 0,333 кг/га. При цьому норма витрати робочого розчину становила 250 л/га. Догляд за посівами культури був типовим для зони проведення досліджень.

**Результати досліджень.** Одержання високих і стабільних урожаїв кукурудзи визначається сукупністю показників індивідуальної продуктивності рослин, серед яких ключове значення мають кількість сформованих качанів, вихід зерна з одного качана та інші

Таблиця 1

Схема проведення польового дослідження (2023–2025 рр.)

| Варіант системи удобрення | Дози НРК, кг/га д.р     | Норма застосування азотфіксатора, кг/га | Густота стояння рослин, тис./га |    |    |
|---------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|----|----|
| Без добрив (контроль)     | –                       | без обробки                             | 60                              | 70 | 80 |
|                           |                         | 0,333                                   |                                 |    |    |
| Нітроамофоска + карбамід  | $N_{60}P_{45}K_{45}$    | без обробки                             | 60                              | 70 | 80 |
|                           |                         | 0,333                                   |                                 |    |    |
| Нітроамофоска + карбамід  | $N_{90}P_{60}K_{60}$    | без обробки                             | 60                              | 70 | 80 |
|                           |                         | 0,333                                   |                                 |    |    |
| Нітроамофоска + карбамід  | $N_{120}P_{90}K_{90}$   | без обробки                             | 60                              | 70 | 80 |
|                           |                         | 0,333                                   |                                 |    |    |
| Нітроамофоска + карбамід  | $N_{150}P_{120}K_{120}$ | без обробки                             | 60                              | 70 | 80 |
|                           |                         | 0,333                                   |                                 |    |    |



структурні елементи врожаю. Між цими характеристиками існує тісний взаємозв'язок, що формується під впливом низки чинників. Серед яких вирішальну роль відіграють не лише генетичні та біологічні особливості гібридів, але й умови їх вирощування. Зокрема, рівень реалізації продуктивного потенціалу кукурудзи значною мірою залежить від технологічних прийомів, серед яких особливе місце посідають оптимізація густоти посіву та раціональне застосування добрив.

При проведенні досліджень у 2023–2025 рр. встановлено, що маса зерна з одного качана гібрида кукурудзи Р9255 істотно залежала від поєднання норм мінеральних добрив, застосування азотфіксатору та густоти стояння рослин. Найвищі значення цього показника сформувалися за густоти 60 тис. рослин/га. За умов внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{120}P_{90}K_{90}$  та  $N_{150}P_{120}K_{120}$  у поєднанні з позакореневим застосуванням азотфіксатору маса зерна з качана становила 188,6–190,8 г, що перевищувало контрольний варіант без удобрення на 9,8–11,1 % (табл. 2).

Збільшення густоти стояння рослин до 70 тис./га зумовлювало певне зниження індивідуальної продуктивності, однак навіть за таких умов використання біопрепарату забезпечувало вищі структурні показники врожаю, ніж у варіантах без азотфіксатора. Так, приріст маси зерна з качана за застосування біопрепарату на фонах  $N_{120}P_{90}K_{90}$  та  $N_{150}P_{120}K_{120}$  становив у середньому 1,3–2,8%, тоді як за густоти 80 тис./га він склав 0,9–2,7%.

Важливим показником, що характеризує виповненість зерна та рівень реалізації асиміляційного потенціалу рослин, є маса 1000 насінин. Аналіз експериментальних даних показав наявність обернено пропорційної залежності між густиною стояння рослин і величиною цього показника ( $r = -0,98$ ). Максимальна маса 1000 насінин формувалася за густоти 60 тис. рослин/га на варіантах із внесенням мінеральних добрив у нормі  $N_{120}P_{90}K_{90}$  та  $N_{150}P_{120}K_{120}$  у поєднанні з азотфіксатором та досягала 347,5–351,0 г, що на 10,2–11,3% перевищувало контроль (табл. 3).

За підвищення густоти стояння до 70 тис./га маса 1000 насінин зменшувалася в середньому на 6,2–10,4 г, а за 80 тис./га – на 11,8–15,8 г, порівняно з аналогічними варіантами за найменшої густоти посіву.

Аналіз урожайності зерна гібрида кукурудзи Р9255 за 2023–2025 рр. засвідчив її суттєву залежність від інтенсивності мінерального живлення та густоти стояння рослин (рис. 1–2). На контрольних ділянках без внесення добрив за густоти 60 тис. рослин/га урожайність становила 10,77 т/га. Впровадження біопрепарату у технологічну схему на фоні мінерального удобрення сприяло стабільному зростанню валового збору зерна. Так, за усередненими даними, застосування підвищених норм мінеральних добрив ( $N_{120}P_{90}K_{90}$  і  $N_{150}P_{120}K_{120}$ ) з позакореневим підживленням біопрепаратом забезпечувало додатковий приріст урожайності на рівні 0,42–0,74 т/га, порівняно з відповідними варіантами без його застосування.

Найвищу ефективність інтегрованої системи живлення відмічено за густоти стояння 70 тис. рослин/га, де середня урожайність зерна досягала максимального значення – 14,35 т/га, що відповідало приросту 5,4% відносно аналогічного фону мінерального живлення без біопрепарату. За подальшого збільшення густоти стояння до 80 тис. рослин/га темпи наростання урожайності дещо знижувалися. Це свідчить про досягнення оптимального балансу між кількістю рослин на одиниці площі та рівнем їх індивідуальної продуктивності саме за густоти 70 тис. рослин/га.

Кореляційний аналіз показав наявність тісного прямого зв'язку між нормою внесення мінерального азоту та рівнем урожайності зерна кукурудзи. За варіантів із застосуванням лише мінеральних добрив коефіцієнт кореляції становив  $r = 0,93$ , тоді як за поєднання мінерального живлення з біопрепаратом відмічено його зростання до  $r = 0,94$ , що свідчить про підвищення ефективності використання елементів живлення рослинами.

Математичний аналіз одержаних результатів показав, що частка впливу фактору мінерального живлення

Таблиця 2

**Маса зерна з качана гібрида кукурудзи Р9255 залежно від системи удобрення та густоти стояння рослин (середнє за 2023–2025 рр.)**

| Фактор А<br>(варіант удобрення) |    | Фактор В<br>(Блу N) | 60 тис./га | 70 тис./га | 80 тис./га |
|---------------------------------|----|---------------------|------------|------------|------------|
| Контроль                        |    | –                   | 171,80     | 166,90     | 161,80     |
|                                 |    | + азотфіксатор      | 176,20     | 170,80     | 165,10     |
| $N_{60}P_{45}K_{45}$            |    | –                   | 179,60     | 173,50     | 167,60     |
|                                 |    | + азотфіксатор      | 184,10     | 177,60     | 171,20     |
| $N_{90}P_{60}K_{60}$            |    | –                   | 182,70     | 176,20     | 170,30     |
|                                 |    | + азотфіксатор      | 187,90     | 180,40     | 174,50     |
| $N_{120}P_{90}K_{90}$           |    | –                   | 185,40     | 178,60     | 172,10     |
|                                 |    | + азотфіксатор      | 190,80     | 183,70     | 176,80     |
| $N_{150}P_{120}K_{120}$         |    | –                   | 187,30     | 176,90     | 169,90     |
|                                 |    | + азотфіксатор      | 188,60     | 179,20     | 171,40     |
| HIP <sub>05</sub>               | A  |                     | 2,08       | 2,51       | 3,37       |
|                                 | B  |                     | 1,31       | 1,59       | 2,13       |
|                                 | AB |                     | 2,94       | 3,55       | 4,77       |

Таблиця 3

Вплив системи удобрення та густоти стояння рослин на формування маси 1000 насінин гібрида Р9255 (середнє за 2023–2025 рр.)

| Фактор А<br>(варіант удобрення)                    | Фактор В<br>(Блу N) | 60 тис./га | 70 тис./га | 80 тис./га |
|----------------------------------------------------|---------------------|------------|------------|------------|
| Контроль                                           | –                   | 315,2      | 310,4      | 305,1      |
|                                                    | + азотфіксатор      | 321,8      | 316,9      | 311,7      |
| N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>    | –                   | 324,5      | 319,2      | 314,8      |
|                                                    | + азотфіксатор      | 332,4      | 327,1      | 322,5      |
| N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>    | –                   | 332,1      | 326,5      | 321,4      |
|                                                    | + азотфіксатор      | 340,6      | 335,2      | 330,1      |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>   | –                   | 338,6      | 332,8      | 327,3      |
|                                                    | + азотфіксатор      | 347,5      | 342        | 336,4      |
| N <sub>150</sub> P <sub>120</sub> K <sub>120</sub> | –                   | 341,2      | 335,1      | 329,5      |
|                                                    | + азотфіксатор      | 351        | 344,8      | 339,2      |
| НІР <sub>05</sub>                                  | А                   | 3,42       | 3,73       | 4,65       |
|                                                    | В                   | 2,16       | 2,36       | 2,94       |
|                                                    | АВ                  | 4,83       | 5,27       | 6,58       |

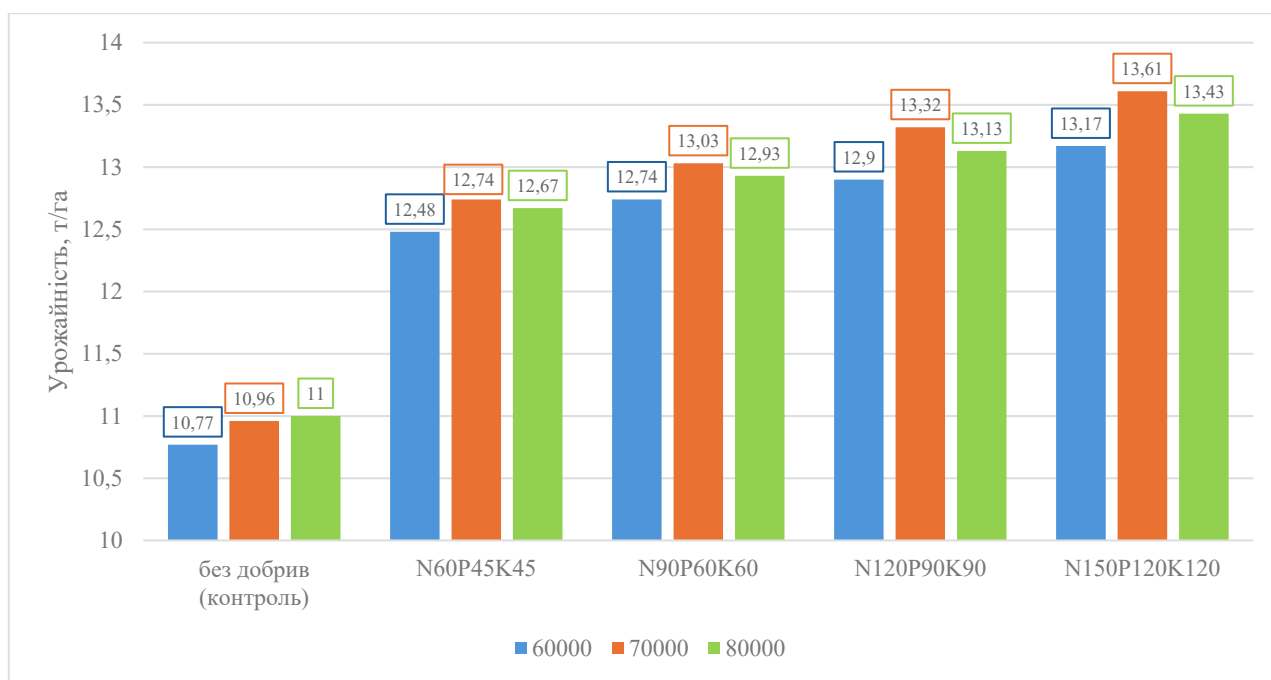


Рис. 1. Урожайність зерна гібрида кукурудзи Р9255 залежно від густоти стояння рослин та норм витрати мінерального підживлення (середнє за 2023–2025 рр.)

на формування урожайності зерна кукурудзи сягала 89,1%, тоді як частка впливу застосування біопрепарату становила близько 7%, що підтверджує його роль як додаткового елемента інтенсифікації технології вирощування.

Таким чином, створення оптимальних умов живлення шляхом внесення розрахункових норм мінеральних добрив у поєднанні з інокуляцією біопрепаратом сприяло поліпшенню виповненості зерна та підвищенню показників індивідуальної та загальної продуктивності рослин кукурудзи. Застосування інтегрованої системи живлення забезпечувало ефективнішу реалізацію

асиміляційного потенціалу рослин, що проявлялося у зростанні маси зерна з качана, маси 1000 насінин та рівня урожайності культури.

**Висновки.** Встановлено, що застосування біопрепарату Блу N у поєднанні з мінеральними добривами позитивно впливало на процеси індивідуальної продуктивності рослин і, відповідно, підвищувало врожайність культури.

Максимальні показники індивідуальної продуктивності рослин гібрида Р9255: маса зерна з одного качана на рівні 188,6–190,8 г та маса 1000 насінин 347,5–351,0 г, формувалися за густоти стояння 60 тис.

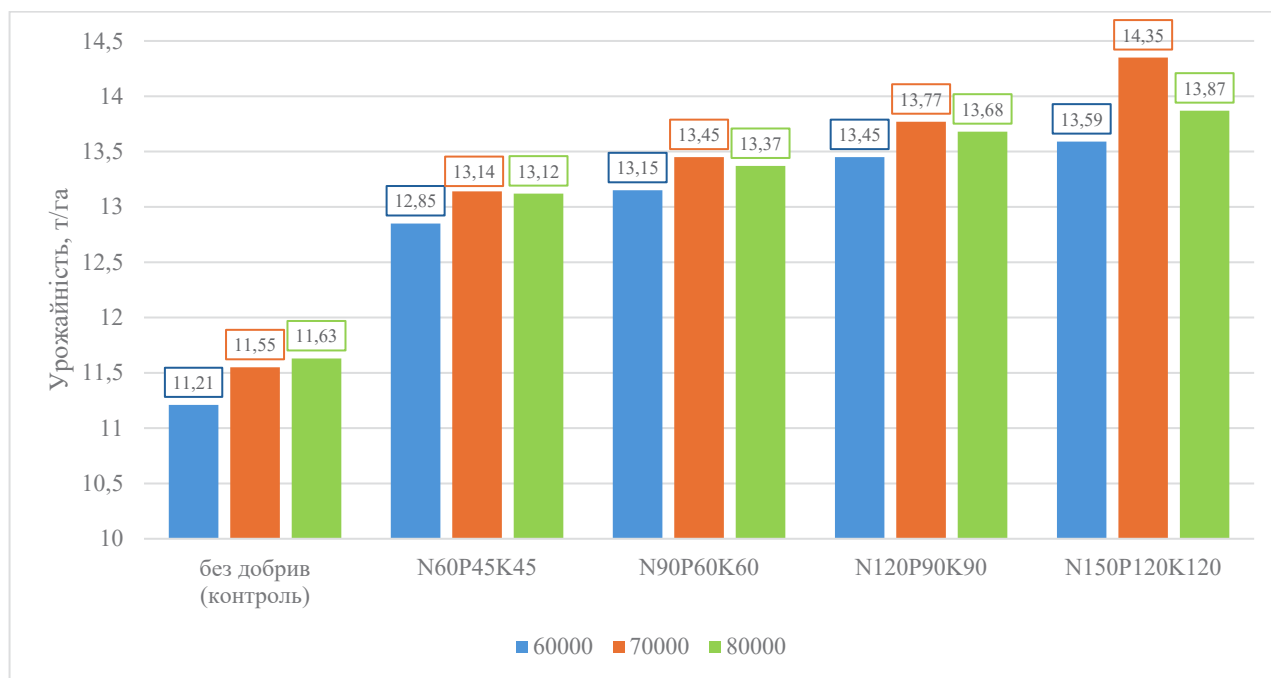


**Рис. 2. Урожайність зерна гібрида кукурудзи P9255 залежно від густоти стояння рослин та норм витрати мінерального підживлення із застосуванням азотфіксатору (середнє за 2023–2025 рр.)**

рослин/га на фоні внесення мінеральних добрив у нормах  $N_{120}P_{90}K_{90}$  та  $N_{150}P_{120}K_{120}$  за поєднання із позакореневим застосуванням азотфіксатору, що перевищувало контрольні варіанти без удобрення на 9,8–11,3%.

Результати досліджень свідчать, що застосування лише мінеральних добрив забезпечило приріст урожайності зерна кукурудзи на рівні 15,1–22,3% порівняно з контролем. Найвищу продуктивність серед варіантів без застосування азотфіксатору, яка сягала 13,61 т/га, одержано за максимальної норми живлення  $N_{150}P_{120}K_{120}$  та густоти стояння 70 тис./га.

Виявлено, що поєднання мінерального живлення із застосуванням азотфіксатору сприяло зростанню врожайності на 12,8–24,2%, порівняно з відповідним контролем (контроль + азотфіксатор). Найвищий середній показник урожайності у дослідженні, який сягав 14,35 т/га, сформувався у варіанті  $N_{150}P_{120}K_{120}$  + азотфіксатор за густоти 70 тис. рослин/га, що підтверджує оптимальне поєднання факторів інтенсифікації.

Застосування біопрепарату забезпечило стабільний середній приріст врожайності на рівні 5,4% (0,74 т/га), порівняно з аналогічними мінеральними фонами, що засвідчує ефективність метилобактерій у реалізації продуктивного потенціалу гібриду кукурудзи.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Milander J. J. Maize Yield and Components as Influenced by Environment and Agronomic Management. Master's Thesis. Lincoln. University of Nebraska. 2015. 118 p. URL: <https://digitalcommons.unl.edu/agronhortdiss/86/> (дата звернення: 15.02.2026).
2. Мокрієнко В.А., Усатий Г.Ю. Особливості засвоєння поживних речовин гібридами кукурудзи. *Землеробство*. 2006. Вип. 78. С. 12–20. URL: [http://](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemlerobstvo_2006_78_5)

[nbuv.gov.ua/UJRN/Zemlerobstvo\\_2006\\_78\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemlerobstvo_2006_78_5) (дата звернення: 26.02.2026).

3. Штукін М.О., Онишко В.І. Особливості підбору гібридів кукурудзи для умов північно-східного Лісостепу України. *Вісник CHAY*. 2013. № 11. С. 213–217. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna\\_agro\\_2013\\_11\\_53](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_agro_2013_11_53) (дата звернення: 26.02.2026).
4. Дідур І.М., Циганський В.І. Формування зернової продуктивності кукурудзи залежно від застосування мікробіологічного добрива Граундфікс. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 7. С. 70–76. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/agf\\_2017\\_7%281%29\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/agf_2017_7%281%29_10) (дата звернення: 25.02.2026).
5. Павліченко К. В., Грабовський М. Б. Формування біометричних показників та накопичення сировини надземної маси гібридами кукурудзи під впливом макро- і мікродобрив. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 123. С. 98–111. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.123.14>
6. Марченко Т., Лавриненко Ю., Пілярська О. Адаптивні гібриди кукурудзи ФАО 190–500, що створені для умов зрошення. *Матеріали XIII Міжнародної наукової конференції «Корми і кормовий білок» (06 серпня 2021 року)*. Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН. Вінниця. 2021. С. 22–25. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo2021conf>
7. Грабовський М.Б., Вахній С.П., Лозінський М.В., Панченко Т.В., Басюк П.Л. Зернова продуктивність гібридів кукурудзи залежно від застосування комплексних мінеральних добрив. *Агробіологія*. 2021. № 2. С. 33–42. URL: [https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyku/agrobiologiya/grabovskiy\\_2\\_2021-33-42.pdf](https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyku/agrobiologiya/grabovskiy_2_2021-33-42.pdf) (дата звернення: 25.02.2026).
8. Жемела Г.П., Бараболя О.В., Ляшенко В.В., Ляшенко Є.С., Подоляк В.А. Густота рослин –

- фактор для одержання високих врожаїв. Стійкий розвиток сільських територій у контексті реалізації державної екологічної політики та енергозбереження : кол. моногр., за заг. ред. Т. О. Чайки. Полтава : Видавництво ПП «Астроя», 2021. С. 49–56. URL: <https://www.researchgate.net/profile/Tetiana-Chaika-3/publication/371102178.pdf> (дата звернення: 25.02.2026).
9. Іванів М.О., Сидякіна О.В., Гамула Є.А. Вплив умов зволоження, біологічних особливостей гібридів і густоти стояння рослин на вміст сирого протеїну в зерні кукурудзи. *Український журнал природничих наук*. № 13. С. 273–281. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.13.2025.25>.
  10. Григор'єва О.М., Григор'єва М.І. Мікробні препарати у технології вирощування кукурудзи на зерно в Північному Степу України. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Вип. 76. Ч. 1. 2011. С. 18–24. URL: <https://lib.udau.edu.ua/server/api/core/bitstreams/27d8de30-602d-46fc-9f92-a085d8e953c8/content> (дата звернення: 25.02.2026).
  11. Марченко Т. Ю., Лавриненко Ю. О., Кирпа М. Я., Стасів О.Ф. Ефективність застосування біопрепаратів під час вирощування ліній-батьківських компонентів гібридів кукурудзи за різної густоти рослин в умовах краплинного зрошення. *Аграрні інновації*. 2021. № 5. С. 135–142. DOI:10.32848/agra.innov.2021.5.22
  12. Марченко Т. Ю., Лавриненко Ю. О. Прояв і мінливість маси 1000 зерен у ліній батьківських компонентів та гібридів кукурудзи за використання різних генетичних плазм в умовах зрошення. *Зрошуване землеробство*. 2020. № 73. С. 179–184. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.73.35>
  13. Kolisnyk O. M. The resistance of corn self-pollinated lines and hybrids to major diseases and pests in the conditions of the right-bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*. 2019. № 2. P. 53–60. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.02.06>
  14. Piatí Luiz G., Ferreira de Lima S., Lustosa Sobrinho R. et al. Biostimulants in Corn Cultivation as a Means to Alleviate the Impacts of Irregular Water Regimes Induced by Climate Change. *Plants*. 2023. Vol. 12, No. 13. P. 2569. <https://doi.org/10.3390/plants12132569>
  15. Torres Vera R., Bernabé García A.J., Carmona Álvarez F.J. et al. Application and effectiveness of *Methylobacterium symbioticum* as a biological inoculant in maize and strawberry crops. *Folia Microbiologica*. 2024. Vol. 69. P. 121–131. DOI: 10.1007/s12223-023-01078-4.
  16. Rodrigues M.A., Correia C.M., Arrobas M. The Application of a Foliar Spray Containing *Methylobacterium symbioticum* Had a Limited Effect on Crop Yield and Nitrogen Recovery in Field and Pot-Grown Maize. *Plants*. 2024. Vol. 13. P. 1–15. DOI: 10.3390/plants13202909.
  17. Bolla P.K., Panozzo A., Minozzi E., Valente F., Potestio S., Visioli G., Martínez-Sánudo I., Vamerali T. Effects of foliar-sprayed bio-fertilizer with N-fixing *Methylobacterium symbioticum* on morpho-physiological traits of maize under varying N fertilization rates. *Frontiers in Plant Science*. 2025. Vol. 16. P. 1–20. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1661290>
  18. Drulis, P., Kriaučiūnienė, Z., Liakas, V. The Influence of Different Nitrogen Fertilizer Rates, Urease Inhibitors and Biological Preparations on Maize Grain Yield and Yield Structure Elements. *Agronomy*. 2022. Vol. 12, No. 3. P. 1–15. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030741>
  19. Лісовал А. П. Методи агрохімічних досліджень. Київ : Вид-во НАУ, 2001. 247 с.
  20. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Методика польового досліді (Зрошуване землеробство). Херсон: Олді+, 2014. 448 с.

## REFERENCES:

1. Milander, J. J. (2015). Maize yield and components as influenced by environment and agronomic management. University of Nebraska. P. 118. URL: <https://digitalcommons.unl.edu/agronhortdiss/86/>
2. Mokriienko, V. A., & Usatyi, H. Iu. (2006). Osoblyvosti zasvoiennia pozhyvnykh rehovyn hibrydamy kukurudzy [Features of nutrient uptake by maize hybrids]. *Zemlerobstvo*, 78, 12–20. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemlerobstvo\\_2006\\_78\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemlerobstvo_2006_78_5) [in Ukrainian].
3. Shtukin, M. O., & Onychko, V. I. (2013). Osoblyvosti pidboru hibrydiv kukurudzy dlia umov pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy [Peculiarities of selection of maize hybrids for the conditions of the north-eastern Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk SNAU*, (11), 213–217. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna\\_agro\\_2013\\_11\\_53](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_agro_2013_11_53) [in Ukrainian].
4. Didur, I. M., & Tsyhanskyi, V. I. (2017). Formuvannia zernovoi produktyvnosti kukurudzy zalezno vid zastosuvannia mikrobiologichnoho dobryva Hraundfiks [Formation of corn grain productivity depending on the use of microbiological fertilizer Groundfix]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, (7), 70–76. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/agf\\_2017\\_7%281%29\\_\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/agf_2017_7%281%29__10) [in Ukrainian].
5. Pavlichenko, K. V., & Hrabovskiy, M. B. (2022). Formuvannia biometrychnykh pokaznykiv ta nakopychennia syroi nadzemnoi masy hibrydamy kukurudzy pid vplyvom makro- i mikrodobryv [Formation of biometric indicators and accumulation of raw ground mass by maize hybrids under the influence of macro- and micro-fertilizers]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk*, (123), 98–111. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.123.14> [in Ukrainian].
6. Marchenko T., Lavrynenko Yu., & Piliarska O. (2021). Adaptivni hibrydy kukurudzy FAO 190–500, shcho stvoreni dlia umov zroshennia [Adaptive maize hybrids FAO 190–500 created for irrigation conditions]. *Materialy XIII Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii «Kormy i kormovy bilok»*. Instytut kormiv ta silskoho hospodarstva Podillia NAAN. Vinnytsia, (pp. 22–25). <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo2021conf> [in Ukrainian].
7. Hrabovskiy, M. B., Vakhnii, S. P., Lozinskyi, M. V., Panchenko, T. V., & Basiuk, P. L. (2021). Zernova produktyvnist hibrydiv kukurudzy zalezno vid zastosuvannia kompleksnykh mineralnykh dobryv [Grain productivity of maize hybrids depending on the use of complex mineral fertilizers]. *Ahrobiologiya*, (2), 33–42. URL: [https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/agrobiologiya/grabovskiy\\_2\\_2021-33-42.pdf](https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/sites/default/files/visnyky/agrobiologiya/grabovskiy_2_2021-33-42.pdf) [in Ukrainian].

8. Zhemela, H. P., Barabolia, O. V., Liashenko, V. V., Liashenko, Ye. S., & Podoliak, V. A. (2021). Hustota roslin – faktor dlia oderzhannia vysokikh vrozhaiv. Stiiki rozvytok silskykh terytorii u konteksti realizatsii derzhavnoi ekolohichnoi polityky ta enerhozberezhennia: kolektyvna monohrafiia za zahalnoi redaktsiiei T. O. Chaiky [Plant density is a factor for obtaining high yields. Sustainable development of rural areas in the context of the implementation of state environmental policy and energy saving: collective monograph edited by T. O. Chaika]. Poltava: Vydavnytstvo PP «Astraia», 49–56. URL: <https://www.researchgate.net/profile/Tetiana-Chaika-3/publication/371102178.pdf> [in Ukrainian].
9. Ivaniv, M. O., Sydiakina, O. V., & Hamula, Ye. A. (2025). Vplyv umov zvolozhennia, biolohichnykh osoblyvostei hibrydiv i hustoty stoiannia roslin na vmist syroho proteinu v zerni kukurudzy [Influence of moisture conditions, biological characteristics of hybrids and plant density on crude protein content in corn grain]. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnych nauk*, (13), 273–281. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.13.2025.25> [in Ukrainian].
10. Hryhorieva, O. M., & Hryhorieva M. I. (2011). Mikrobni preparaty u tekhnolohii vyroshchuvannia kukurudzy na zerno v Pivnichnomu Stepu Ukrainy [Microbial preparations in the technology of growing corn for grain in the Northern Steppe of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sad-ivnytstva*, 76(1), 18–24. URL: <https://lib.udau.edu.ua/server/api/core/bitstreams/27d8de30-602d-46fc-9f92-a085d8e953c8/content> [in Ukrainian].
11. Marchenko, T. Yu., Lavrynenko, Yu. O., Kyrpa, M. Ya., & Stasiv, O. F. (2021). Efektyvnist zastosuvannia biopreparativ pid chas vyroshchuvannia liniy-batkovskykh komponentiv hibrydiv kukurudzy za riznoi hustoty roslin v umovakh kraplynnoho zroshennia [Efficiency of biopreparations use during cultivation of parental components of maize hybrids]. *Ahrarni innovatsii*, (5), 135–142. DOI:10.32848/agrar.innov.2021.5.22 [in Ukrainian].
12. Marchenko, T. Yu., & Lavrynenko, Yu. O. (2020). Proiav i minlyvist masy 1000 zeren u linii batkovskykh komponentiv ta hibrydiv kukurudzy za vykorystannia riznykh henetychnykh plazm v umovakh zroshennia [Manifestation and variability of 1000-kernel weight in lines of parental components and maize hybrids using different genetic plasms under irrigation]. *Zroshuvane zemlerobstvo*, (73), 179–184. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.73.35> [in Ukrainian].
13. Kolisnyk O. M. The resistance of corn self-pollinated lines and hybrids to major diseases and pests in the conditions of the right-bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*. 2019. № 2. P. 53–60. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.02.06>
14. Piaty, G. L., Ferreira de Lima, S., et al. (2023). Biostimulants in corn cultivation as a means to alleviate the impacts of irregular water regimes induced by climate change. *Plants*, 12(13), 2569. <https://doi.org/10.3390/plants12132569>
15. Torres Vera, R., Bernabé García, A. J., et al. (2024). Application and effectiveness of *Methylobacterium symbioticum* as a biological inoculant in maize. *Folia Microbiologica*, 69, 121–131. DOI: 10.1007/S12223-023-01078-4.
16. Rodrigues, M. A., Correia, C. M., & Arrobas, M. (2024). The Application of a Foliar Spray Containing *Methylobacterium symbioticum* Had a Limited Effect on Crop Yield and Nitrogen Recovery in Field and Pot-Grown Maize. *Plants*, 13(20), 2909. DOI: 10.3390/plants13202909.
17. Bolla, P. K., Panozzo, A., & Minozzi, E., et al. (2025). Effects of foliar-sprayed bio-fertilizer with N-fixing *Methylobacterium symbioticum* on morpho-physiological traits of maize under varying N fertilization rates. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1–20. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1661290>
18. Drulis, P., Kriaučiūnienė, Z., & Liakas, V. (2022) The influence of different nitrogen fertilizer rates, urease inhibitors and biological preparations on maize grain yield and yield structure elements. *Agronomy*, 12(3), P. 1–15. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030741>
19. Lisoval, A. P. (2001). *Metody ahrokhimichnykh doslidzhen [Methods of agrochemical research]*. NAU, 247 [in Ukrainian].
20. Ushkarenko, V. O., Vozhehova, R. A., Holoborodko, S. P., & Kokovikhin, S. V. (2014). *Metodyka polovoho doslidu (Zroshuvane zemlerobstvo) [Field experiment methodology (Irrigated agriculture)]*. Kherson: Oldi-plus, 448 [in Ukrainian].

**Антоненко О.О., Довгеля О.М. Формування структури врожаю кукурудзи за поєднання мінерального та біологічного живлення в Центральному Лісостепу**

**Мета.** Встановити вплив поєднання мінеральних добрив та біопрепарату Блу N за різної густоти стояння рослин на формування елементів структури врожаю та урожайності кукурудзи в умовах Центрального Лісостепу України. **Методи.** Дослідження проводили впродовж 2023–2025 рр. на базі СТОВ «Любарецьке» Київської області на посівах кукурудзи гібриду P9255 (ФАО 330). Площа облікової ділянки становила 33 м<sup>2</sup>, дослід закладали з чотирикратною повторністю, розміщення варіантів – послідовне багаторусне. Схема досліду передбачала застосування різних норм мінеральних добрив ( $N_{60}P_{45}K_{45}$ ,  $N_{90}P_{60}K_{60}$ ,  $N_{120}P_{90}K_{90}$ ,  $N_{150}P_{120}K_{120}$ ) у поєднанні з позакореневим внесенням біопрепарату на основі азотфіксуючої бактерії *Methylobacterium symbioticum* у фазу 5–6 листків, а також варіювання густоти стояння рослин (60, 70 та 80 тис. рослин/га). **Результати.** Встановлено, що інтегрована система живлення позитивно впливала на показники індивідуальної продуктивності рослин, зокрема масу зерна з одного качана, масу 1000 насінин та загальну урожайність культури. Найвищі значення маси зерна з качана (188,6–190,8 г) та маси 1000 насінин (347,5–351,0 г) сформувалися за густоти 60 тис. рослин/га на фоні внесення мінеральних добрив у нормах  $N_{120}P_{90}K_{90}$  та  $N_{150}P_{120}K_{120}$  за сумісного застосування біопрепарату, що перевищувало контрольні варіанти без удобрення на 9,8–11,3 %. Підвищення густоти стояння до 70 тис. рослин/га забезпечувало оптимальний баланс між кількістю рослин і рівнем їх індивідуальної продуктивності, що сприяло досягненню найбільшої урожайності зерна – 13,61 т/га у варіанті  $N_{150}P_{120}K_{120}$ . При цьому використання мінеральних добрив у комплексі з біопрепаратом дозволило сформувати урожайність, що була на 12,8–24,2 % вищою, порівняно з відповідним контролем на фоні дії препарату. **Висновки.** Максимальний середній результат урожайності за роки проведення досліджень, який сягав 14,35 т/га, було

одержано саме у варіанті  $N_{150}P_{120}K_{120}$  + азотфіксатор. Загалом, за рахунок поєднання біопрепарату із мінеральною системою живлення було отримано у середньому на 5,4 % (або 0,74 т/га) вищу продуктивність кукурудзи, порівняно з аналогічними фонами без його застосування.

**Ключові слова:** зернова продуктивність, маса 1000 насінин, азотфіксуючі бактерії, густина стояння рослин, гібрид P9255, інтегрована система удобрення.

**Antonenko O.O., Dovhelia O.M. Formation of maize yield structure under combined mineral and biological nutrition in the Central Forest–Steppe**

**Purpose.** To determine the effect of the combined application of mineral fertilizers and the biopreparation Blu N under different plant densities on the formation of yield structure elements and grain yield of maize under the conditions of the Central Forest–Steppe of Ukraine. **Methods.** The research was conducted during 2023–2025 at the «Lyubaretske» LLC (Kyiv region) on maize hybrid P9255 (FAO 330). The area of the research plot was 33 m<sup>2</sup>; the experiment was established with four replications and a sequential multi-tier arrangement of treatments. The experimental design included the application of different rates of mineral fertilizers ( $N_{60}P_{45}K_{45}$ ,  $N_{90}P_{60}K_{60}$ ,  $N_{120}P_{90}K_{90}$ ,  $N_{150}P_{120}K_{120}$ ) in combination with foliar application of the biopreparation based on the nitrogen-fixing bacterium

*Methylobacterium symbioticum* at the 5–6 leaf stage under different plant densities (60, 70 and 80 thousand plants per hectare). **Results.** It was established that the integrated nutrition system had a positive effect on individual plant productivity indicators, including grain weight per ear, thousand kernel weight and overall grain yield. The highest grain weight per ear (188.6–190.8 g) and thousand kernel weight (347.5–351.0 g) were recorded at a plant density of 60 thousand plants per hectare under the application of mineral fertilizers at rates of  $N_{120}P_{90}K_{90}$  and  $N_{150}P_{120}K_{120}$  combined with nitrogen fixer, exceeding the unfertilized control by 9.8–11.3 %. An increase in plant density to 70 thousand plants per hectare ensured an optimal balance between plant number and individual productivity, resulting in the highest grain yield of 13.61 t/ha in the  $N_{150}P_{120}K_{120}$  variant. The combined use of mineral fertilizers with nitrogen fixer increased grain yield by 12.8–24.2 % compared to the corresponding control. **Conclusions.** The maximum average grain yield over the years of study (14.35 t/ha) was obtained in the variant with  $N_{150}P_{120}K_{120}$  + nitrogen fixer at this plant density. Overall, the integration of the biopreparation into the mineral nutrition system increased maize productivity by 5.4 % (0.74 t/ha) on average compared to similar treatments without nitrogen fixer application.

**Key words:** grain productivity, thousand kernel weight, nitrogen-fixing bacteria, plant density, hybrid P9255, integrated fertilization system.

Дата першого надходження статті до видання: 29.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## АНАЛІЗ СОРТОВИХ РЕСУРСІВ ГРЕЧКИ ЇСТИВНОЇ (*FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH.)

**БАГАН А.В.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
[orcid.org/0000-0001-8851-5081](https://orcid.org/0000-0001-8851-5081)

Полтавський державний аграрний університет

**ШАКАЛІЙ С.М.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
[orcid.org/0000-0002-4568-1386](https://orcid.org/0000-0002-4568-1386)

Полтавський державний аграрний університет

**РИБАЛЬЧЕНКО А.М.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
[orcid.org/0000-0002-2308-7853](https://orcid.org/0000-0002-2308-7853)

Полтавський державний аграрний університет

**Постановка проблеми.** Гречка є важливою круп'яною культурою, яка характеризується збалансованим комплексом білків і вітамінів та відмінними смаковими якостями. Попит на продукцію гречки зростає також за рахунок споживання гречаного меду, використання її як складової здорового харчування. Вона є традиційною сільськогосподарською культурою для певної зони вирощування. Сучасний сортимент гречки характеризується високим продуктивним потенціалом та добрими показниками якості продукції. Сорти гречки мають різний тип росту, тривалість вегетаційного періоду та технологічні властивості, що сприяють, в свою чергу, підвищенню рівня урожайності та запобіганню втратам зерна під час збирання. Але все ж значним недоліком даної культури є висока чутливість рослин до абіотичних факторів, зокрема у період формування генеративних органів [3; 11; 13; 14].

Тому на сьогоднішній день залишається актуальним вивчення сучасного сортименту гречки різного еколого-географічного походження за даними показників господарської придатності та проявом морфологічних ознак.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для отримання високої і стабільної урожайності сільськогосподарських культур, зокрема і гречки, є використання сортів і гібридів із високим продуктивним потенціалом та здатністю реалізовувати його за умов зміни клімату, а також застосування сучасних технологій вирощування для відповідної ґрунтово-кліматичної зони. Але важливим є також і встановлення реакції вирощуваних сортів сільськогосподарських культур на стійкість рослин до біотичних та абіотичних чинників [9; 10; 19].

Так, сучасні сорти гречки, крім високої продуктивності та доброї якості, повинні мати високу стійкість до біотичних та абіотичних факторів, різнитися за придатністю до різних технологій вирощування. В Україні створено 14 сортів гречки української селекції, які характеризуються високими показниками урожайності і якості продукції, порівняно з існуючими сортами, але ще не повністю задовольняють вимоги виробництва [7; 17].

Для роботи з вихідним матеріалом за ознаками продуктивності і стійкості до абіотичних факторів середовища в якості джерел використовують колекції

генофонду Національного центру генетичних ресурсів рослин України, які характеризуються широким генетичним різноманіттям видового та сортового складу роду *Fagopyrum* Mill. різного еколого-географічного походження [8; 12].

На рівень формування урожайності значний вплив мають короткий період цвітіння, низький рівень гілкування, стійкість до хвороб і обсіпання. Тому основним завданням селекціонерів є створення самофертильних, самоплідних сортів. Перевагу мають ранньостиглі сорти гречки, які характеризуються рівномірним і дружнім дозріванням, що дає змогу отримати вирівняне насіння з високими якостями [1; 15; 16; 18].

Останнім часом для підвищення рівня прибутковості виробництва продукції гречки державою впроваджено дотування на її вирощування, що дозволить збільшити її цінність як маржинальної сільськогосподарської культури, а виробництво вести не тільки для забезпечення внутрішнього попиту, а й пропонувати дану продукцію на експорт [2; 13].

**Мета.** Мета статті полягала у вивченні сортименту гречки їстівної за проявом показників господарської придатності та морфологічними ознаками.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження сортименту гречки їстівної проводили за показниками господарської придатності та морфологічними ознаками за даними Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні [4] та Інформаційно-довідкової системи «Сорт» [6]. Об'єкт досліджень – 21 сорт гречки їстівної.

Серед показників господарської придатності вивчали: урожайність (т/га), масу 1000 зерен (г), висоту рослини (см), тривалість вегетаційного періоду (діб), вміст білка (%), плівчистість (%). У сортів гречки їстівної досліджували прояв наступних морфологічних ознак: рослини (тип росту, загальна кількість суцвіть, час досягання), стебла (антоціанове забарвлення, за довжиною, кількість вузлів), квітки (розмір, забарвлення пелюсток), насінини (за довжиною, форма, забарвлення шкірки). Статистичну обробку показників господарської придатності гречки їстівної визначали методом варіаційного аналізу за допомогою програми Статистика 12.0 [5].



**Результати досліджень.** За даними досліджень показники господарської придатності сортів гречки їстівної варіювали у межах: урожайність – 1,79-2,77 т/га, маса 1000 зерен – 27,4-31,9 г, висота рослини – 87,5-115,5 см, тривалість вегетаційного періоду – 70-101 діб, вміст білка – 14,8-17,3 %, плівчастість – 18,5-23,9 %. (табл. 1).

За результатами варіаційного аналізу майже всі показники господарської придатності сортів гречки їстівної характеризувалися слабким варіюванням ( $V=4,4-10,1$  %). Лише показник урожайності мав коефіцієнт варіації середньої сили ( $V=12,1$  %).

Проаналізувавши прояв морфологічних ознак у досліджуваних сортів гречки їстівної, було встановлено, що за ознаками рослини виділені такі ступені їх виявлення: тип росту – детермінантний (40,9 %), індетермінантний (59,1 %); загальна кількість суцвіть – мала (31,3 %), середня (18,8 %), велика (49,9 %); час досягання – середній (65,2 %), пізній (34,8 %) (рис. 1).

За ознаками стебла досліджувані сорти характеризувалися наступними ступенями їх виявлення: антоціанове забарвлення – помірне (82,4 %), сильне (17,6 %); за довжиною – середнє (6,3 %), довге (93,7 %); кількість вузлів – мала (5,6 %), середня (22,2 %), велика (72,2 %) (рис. 2).

Ознаки квітки сортів гречки їстівної мали наступні ступені вияву: розмір – середній (33,3 %), великий (61,9 %), дуже великий (4,8 %); забарвлення

пелюсток – біле (76,2 %), блідо-рожеве (19,0 %), світло-червоне (4,8 %) (рис. 3).

За ознаками насінини досліджувані сорти характеризувалися наступними ступенями їх виявлення: за довжиною – коротка (6,6 %), середня (46,7 %), довга (46,7 %); форма – ромбічна (75,0 %), трикутна (6,3 %), еліптична (6,3 %), овальна (12,4 %); забарвлення шкірки – помірно-коричневе (68,8 %), темно-коричневе (31,2 %) (рис. 4).

**Висновки.** За даними результатів досліджень було встановлено, що показники господарської придатності у досліджуваних сортів гречки їстівної, а саме: маса 1000 зерен, висота рослини, тривалість вегетаційного періоду, вміст білка та плівчастість характеризувалися слабким варіюванням ( $V=4,4-10,1$  %), показник урожайності мав варіювання середньої сили ( $V=12,1$  %).

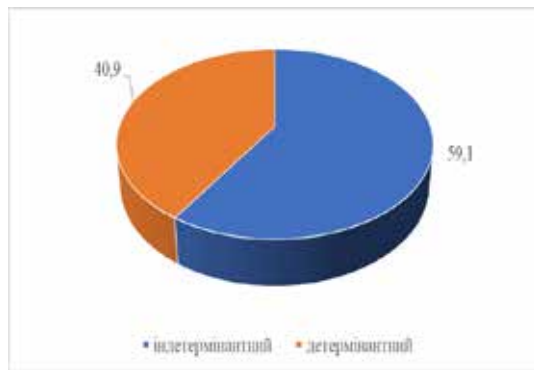
За проявом морфологічних ознак досліджуваних сортів переважали наступні їх ступені виявлення: за ознаками рослини – індетермінантний тип росту, із великою кількістю суцвіть та середнім часом досягання; за ознаками стебла – довге стебло, із помірним антоціановим забарвленням та великою кількістю вузлів; за ознаками квітки – великий розмір квітки із білим забарвленням пелюсток, за ознаками насінини – середньої довжини або довга насінина, ромбічної форми, із помірно-коричневим забарвленням шкірки.

Таблиця 1

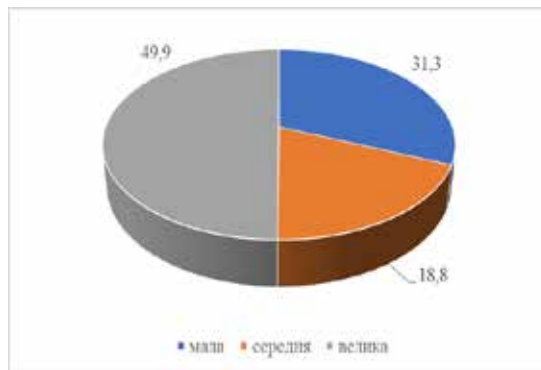
## Показники господарської придатності сортів гречки їстівної

| Сорт                  | Урожайність, т/га | Маса 1000 зерен, г | Висота рослини, см | Тривалість вегетаційного періоду, діб | Вміст білка, % | Плівчастість, % |
|-----------------------|-------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------------|----------------|-----------------|
| Антарія               | 2,77              | 28,0               | 97,5               | 86                                    | 15,9           | 21,5            |
| Володар               | 2,32              | 29,4               | 115,5              | 96                                    | 14,9           | 20,5            |
| Воля                  | 2,31              | 28,1               | 106,3              | 89                                    | 16,5           | 22,4            |
| Дея                   | 2,08              | 31,1               | 95,2               | 101                                   | 14,8           | 21,9            |
| Ескалар               | 2,10              | 28,5               | 97,5               | 80                                    | 15,5           | 21,5            |
| Крупинка              | 2,25              | 30,0               | 88                 | 79                                    | 15,5           | 18,5            |
| Медова                | 2,49              | 31,9               | 100,8              | 96                                    | 14,8           | 20,4            |
| Ольга                 | 1,82              | 29,0               | 96,7               | 88                                    | 17,3           | 23,4            |
| Петропавлівська       | 2,72              | 31,9               | 104,4              | 100                                   | 15,5           | 21,5            |
| Подільська            | 2,08              | 31,3               | 108,0              | 99                                    | 15,5           | 21,4            |
| Покровська            | 2,35              | 27,8               | 108,5              | 100                                   | 15,9           | 20,5            |
| Рута                  | 1,84              | 27,8               | 96,1               | 89                                    | 16,4           | 23,9            |
| Селяночка             | 1,84              | 27,4               | 95,7               | 87                                    | 16,3           | 22,6            |
| СИН-3/02              | 2,02              | 28,0               | 108,6              | 92                                    | 16,4           | 22,4            |
| Слобожанка            | 1,95              | 28,6               | 97,5               | 83                                    | 16,5           | 19,8            |
| Софія                 | 2,13              | 27,8               | 109,4              | 89                                    | 16,0           | 22,3            |
| Сумчанка              | 2,00              | 30,0               | 87,5               | 70                                    | 15,5           | 19,5            |
| Українка              | 2,01              | 28,5               | 90,0               | 80                                    | 15,5           | 21,5            |
| Христина              | 2,34              | 28,8               | 99,6               | 99                                    | 15,3           | 20,5            |
| Ювілейна 100          | 1,79              | 30,8               | 113,5              | 97                                    | 16,9           | 23,7            |
| Ярославна             | 2,45              | 29,0               | 100,5              | 85                                    | 15,5           | 20,1            |
| середнє               | 2,14              | 29,0               | 99,7               | 88                                    | 15,8           | 21,4            |
| $lim_{min}-lim_{max}$ | 1,79-2,77         | 27,4-31,9          | 87,5-115,5         | 70-101                                | 14,8-17,3      | 18,5-23,9       |
| $V, \%$               | 12,1              | 4,6                | 8,0                | 10,1                                  | 4,4            | 6,5             |

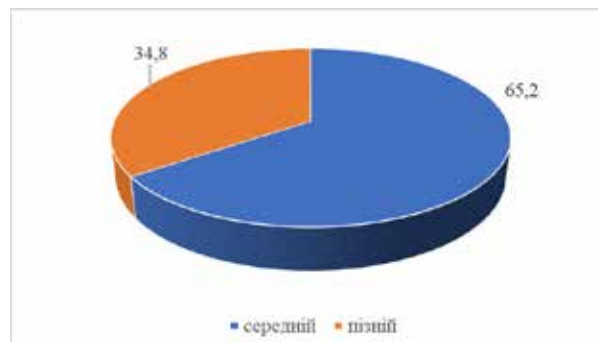




а) тип росту

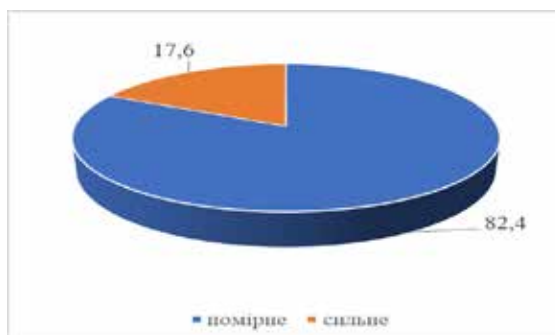


б) загальна кількість суцвіть

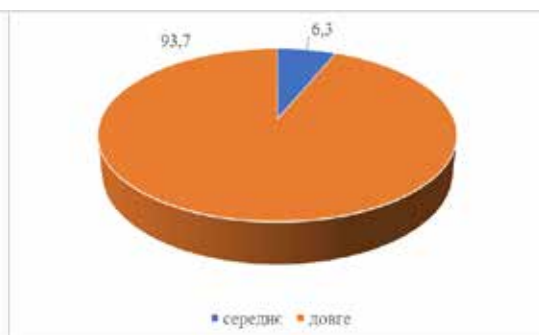


в) час досягання

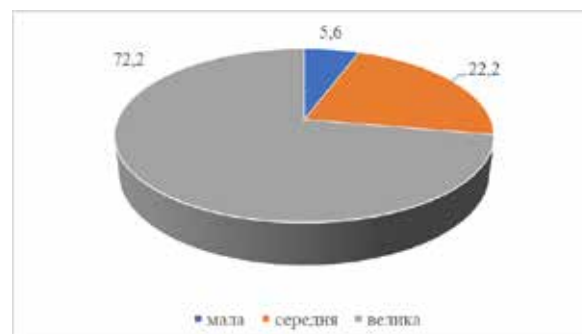
**Рис. 1. Прояв морфологічних ознак рослини у сортів гречки їстівної, %**



а) антоціанове забарвлення

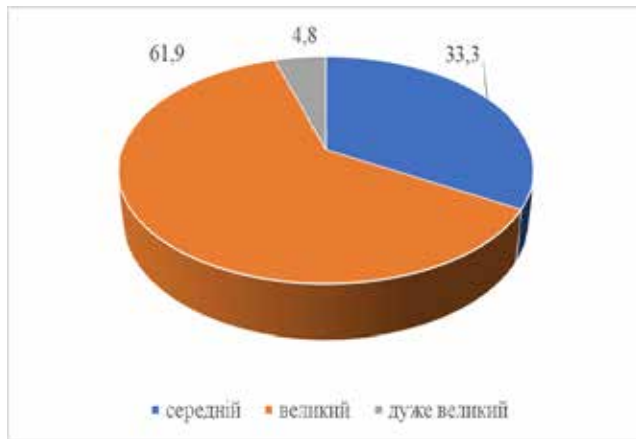


б) за довжиною

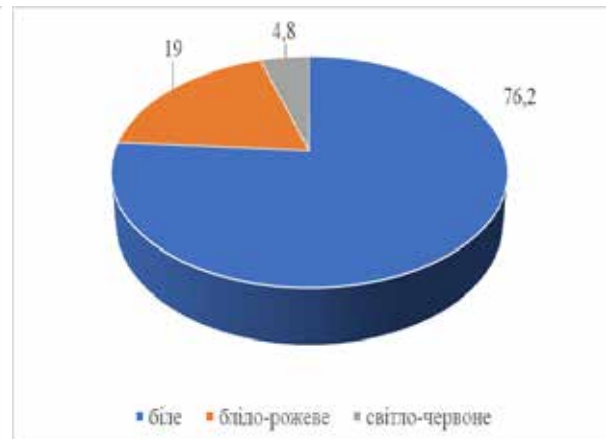


в) кількість вузлів

**Рис. 2. Прояв морфологічних ознак стебла у сортів гречки їстівної, %**



а) розмір

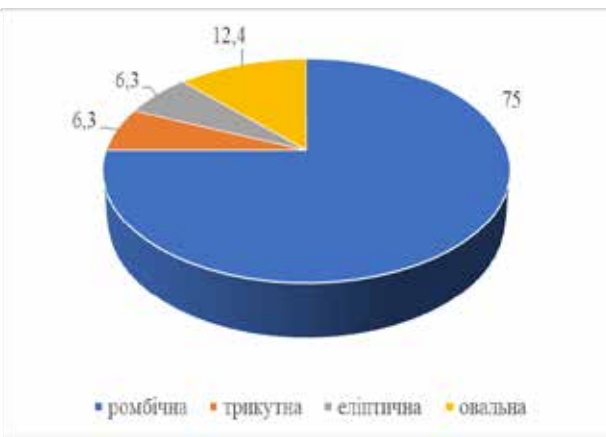


б) забарвлення пелюсток

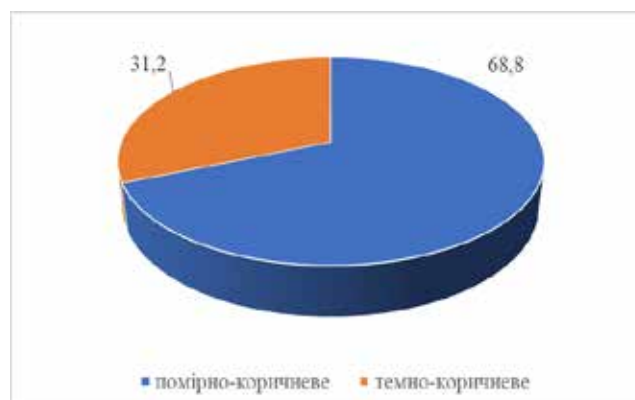
Рис. 3. Прояв морфологічних ознак квітки у сортів гречки їстівної, %



а) за довжиною



б) форма



в) забарвлення шкірки

Рис. 4. Прояв морфологічних ознак насінини у сортів гречки їстівної, %

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Білоножко В.Я., Березовський А.П., Полторецький С.П., Полторецька Н.М. Агробіологічні та екологічні основи виробництва гречки: монографія. Миколаїв: Видавництво Ірини Гудим, 2010. 332 с.
- Вільчинська Л., Камінна О., Диянчук М. Селекція гречки для умов Лісостепу України. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. Сер. Агрономія. 2018. № 22. С. 148–152.
- Вільчинська Л.А., Городиська О.П., Диянчук М.В. Селекція гречки на стійкість до несприятливих факторів навколишнього середовища. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2020. Т. 27. С. 55–60. DOI: 10.7124/FEEO.v27.1302.
- Державний реєстр сортів, придатних для поширення в Україні. 2026. <https://me.gov.ua/view/16578269-2d32-4855-8c70-cd3d084a4a8c>
- Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії. К.: Дія, 2005. 288 с.
- Інформаційно-довідкова система "Сорт". <http://sort.sops.gov.ua/>
- Козаченко М.Р., Васько Н.І., Солонечний П.М., Наумов О.Г. Нові форми ячменю ярого, створені методом гібридизації. *Селекція і насінництво*. 2014. Вип. 106. С. 42–51.
- Музафарова В.А., Падалка О.І., Рябчун В.К., Петухова І.А. Адаптивність зразків колекції пшениці м'якої ярої до умов східної частини Лісостепу України. *Генетичні ресурси рослин*. 2015. № 16. С. 42–50.
- Рибальченко А.М., Баган А.В. Аналіз сортових ресурсів нуту звичайного за комплексом господарсько-цінних ознак в Україні. *Український журнал природничих наук*. 2026. № 15. С. 185–193. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.15.2026.18>
- Рибальченко А.М., Іваненко Р.С. Оцінка сортових ресурсів гороху за комплексом господарсько-цінних ознак в умовах Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2024. Вип. 139. Ч. 2. С. 31–40. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.2.5>
- Тригуб О.В. Агробіологічний підбір сортів гречки за продуктивними ознаками. *Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку : матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф. (7 червня 2019 р., м. Київ). Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2019. С. 57–60.*
- Тригуб О.В. Джерела продуктивності та адаптивності гречки. *Генетичні ресурси рослин*. 2016. № 18. С. 77–87.
- Тригуб О.В., Ляшенко В.В., Куценко О.М., Бараболя О.В., Короткова І.В., Ляшенко К.В. Аналіз біологічних властивостей і господарських показників рослин гречки в зоні південного Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2022. № 2. С. 37–44. <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2022-2-37-44>
- Шапаренко Б.М., Баган А.В. Вимоги виробництва до сортів гречки. *Студентська наукова конференція Полтавської державної аграрної академії*, 16–17 квітня 2020 р. Полтава: РВВ ПДАА, 2020. С. 15–17.
- Шевченко Н.В. Принципи підбору сортів гречки в умовах зміни клімату. *Таврійський науковий вісник*. № 137. С. 351–357. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.41>
- Шляхтурова С.П. Підвищення продуктивності гречки в умовах північної частини Лісостепу. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН»*. 2014. Вип. 4. С. 67–72.
- Яцишен О.Л. Стан та перспективи селекції гречки в Україні. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН»*. 2010. Вип. 3. С. 247–252.
- Shakalii S.M., Bahan A.V., Golovash L.M. Evaluation of grain properties of buckwheat depending on variety. *Modern engineering and innovative technologies*. 2024. Iss. 33, pt. 1. P. 123–127. DOI: 10.30890/2567-5273.2024-33-00-017
- Shakalii, S., Yurchenko, S., Bahan, A., & Marinich, L. The influence of the variety on the manifestation of economic – valuable characters of buckwheat. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. Vol. 26, No. 2. P. 51–55. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.02.09>

## REFERENCES:

- Bilonozhko, V.Ya., Berezovskyi, A.P., Poltoretskyi, S.P. & Poltoretska, N.M. (2010). Ahrobiolohichni ta ekolohichni osnovy vyrobnytstva hrechky: monohrafiia [Agrobiological and ecological foundations of buckwheat production: monograph]. Mykolaiv: Vydavnytstvo Iryny Hudym, 332 p. [in Ukrainian]
- Vilchynska, L., Kaminnna, O. & Dyianchuk, M. (2018). Seleksiia hrechky dlia umov Lisostepu Ukrainy [Buckwheat breeding for the conditions of the forest-steppe of Ukraine]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. Ser. Ahronomiia. 22, 148–152 [in Ukrainian]
- Vilchynska, L.A., Horodyska, O.P. & Dyianchuk, M.V. (2020). Seleksiia hrechky na stiiikist do nespryiatlyvykh faktoriv navkolyshnoho seredovyscha. *Faktyory eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmv* [Selection of buckwheat for resistance to adverse environmental factors. Factors of experimental evolution of organisms]. 27, 55–60. DOI: 10.7124/FEEO.v27.1302. [in Ukrainian]
- Derzhavnyi reiestr sortiv, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini [State Register of Varieties Suitable for Distribution in Ukraine]. 2026. <https://me.gov.ua/view/16578269-2d32-4855-8c70-cd3d084a4a8c> [in Ukrainian]
- Ieshchenko, V.O., Kopytko, P.H., Opryshko, V.P. & Koshchryz, P.V. (2005). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Fundamentals of scientific research in agronomy]. Diia, 288 p. [in Ukrainian]
- Informatsiino-dovidkova systema "Sort" [Information and reference system "Sort"]. <http://sort.sops.gov.ua/> [in Ukrainian]
- Kozachenko, M.R., Vasko, N.I., Solonechnyi, P.M. & Naumov, O.H. (2014). Novi formy yachmeniu yaroho, stvoreni metodom hibrizatsii [New forms of spring barley created by hybridization]. *Seleksiia i nasinnystvo*. 106, 42–51 [in Ukrainian]
- Muzafarova, V.A., Padalka, O.I., Riabchun, V.K. & Petukhova, I.A. (2015). Adaptivnist zrazkiv kolektsii pshenytsi miakoi yaroi do umov skhidnoi chastyny Lisostepu Ukrainy [Adaptability of samples of the soft spring wheat collection to the conditions of the eastern part of the Forest-Steppe of Ukraine]. *Henetychni resursy roslyn*. 16, 42–50 [in Ukrainian]

9. Rybalchenko, A.M. & Bahan, A.V. (2026). Analiz sortovykh resursiv nutu zvychainoho za kompleksom hospodarsko-tsinnnykh oznak v Ukraini [Analysis of varietal resources of common chickpea by the complex of economically valuable traits in Ukraine]. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnychukh nauk*. 15, 185-193 <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.15.2026.18> [in Ukrainian]
10. Rybalchenko, A.M. & Ivanenko, R.S. (2024). Otsinka sortovykh resursiv horokhu za kompleksom hospodarsko-tsinnnykh oznak v umovakh Lisostepu Ukrainy [Assessment of pea varietal resources according to a complex of economically valuable traits in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk*. 139, 31-40 <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.2.5> [in Ukrainian]
11. Tryhub, O.V. (2019). Ahrobiolohichniy pidbir sortiv hrechky za produktyvnymy oznakamy [Agrobiological selection of buckwheat varieties based on productive characteristics]. *Svitovi roslynni resursy: stan ta perspektyvy rozvytku: materialy V Mizhnar. nauk.-prakt. konf. (7 chervnia 2019 r., m. Kyiv)*. Vinnytsia : TOV «TVORY» 57–60 [in Ukrainian]
12. Tryhub, O.V. (2016). Dzherela produktyvnosti ta adaptyvnosti hrechky [Sources of productivity and adaptability of buckwheat]. *Henetychni resursy roslyn*. 18, 77-87 [in Ukrainian]
13. Tryhub, O.V., Liashenko, V.V., Kutsenko, O.M., Barabolia, O.V., Korotkova, I.V. & Liashenko, K.V. (2022). Analiz biolohichnykh vlastyvostei i hospodarskykh pokaznykiv roslyn hrechky v zoni pivdennoho Lisostepu Ukrainy [Analysis of biological properties and economic indicators of buckwheat plants in the southern forest-steppe zone of Ukraine]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. 2, 37-44. <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2022-2-37-44> [in Ukrainian]
14. Shaparenko, B.M. & Bahan, A.V. (2020). Vymohy vyrobnytstva do sortiv hrechky [Production requirements for buckwheat varieties]. *Studentska naukova konferentsiia Poltavskoi derzhavnoi ahrarynoi akademii, 16-17 kvitnia 2020 r.* Poltava: RVV PDAA, 15-17 [in Ukrainian]
15. Shevchenko, N.V. (2024). Pryntsypy pidboru sortiv hrechky v umovakh zminy klimatu [Principles of selecting buckwheat varieties in conditions of climate change]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk*. 137, 351-357. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.41> [in Ukrainian]
16. Shliakhturova, S. P. (2014). Pidvyschennia produktyvnosti hrechky v umovakh pivnichnoi chastyny Lisostepu [Increasing buckwheat productivity in the northern part of the Forest-Steppe]. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho naukovoho tsentru «Instytut zemlerobstva NAAN»*. 4, 67-72 [in Ukrainian]
17. Iatsyshen, O.L. (2010). Stan ta perspektyvy selektsii hrechky v Ukraini [Status and prospects of buckwheat breeding in Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva UAAN»*. 3, 247-252 [in Ukrainian]
18. Shakalii, S.M., Bahan, A.V. & Golovash, L.M. (2024). Otsinka vlastyvostei zerna hrechky zalezno vid sort [Evaluation of grain properties of buckwheat depending on variety]. *Modern engineering and innovative technologies*. 33, 123–127. DOI: 10.30890/2567-5273.2024-33-00-017 [in Ukrainian]
19. Shakalii, S., Yurchenko, S., Bahan, A. & Marinich, L. (2023). Vplyv sortu na proiav hospodarsko-tsinnnykh

oznak hrechky [The influence of the variety on the manifestation of economic – valuable characters of buckwheat]. *Scientific Progress & Innovations*. 26 (2), 51-55 <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.02.09> [in Ukrainian]

**Баган А.В., Шакалій С.М., Рибальченко А.М.**  
**Аналіз сортових ресурсів гречки їстівної (*Fagopyrum esculentum* Moench.)**

Мета. Аналізування показників господарської придатності та прояву морфологічних ознак сортів гречки їстівної.

Методи. Об'єктом досліджень був 21 сорт гречки їстівної різного еколого-географічного походження: Антарія, Володар, Воля, Дея, Ескалар, Крупинка, Медова, Ольга, Петропавлівська, Подільська, Покровська, Рута, Селяночка, СИН-3/02, Слобожанка, Софія, Сумчанка, Українка, Христина, Ювілейна 100, Ярославна. Вивчали наступні показники господарської придатності: урожайність, маса 1000 зерен, висота рослини, тривалість вегетаційного періоду, вміст білка, плівчастість. Досліджували прояв морфологічних ознак: рослини (тип росту, загальна кількість суцвіть, час досягання), стебла (антоціанове забарвлення, за довжиною, кількість вузлів), квітки (розмір, забарвлення пелюсток), насінини (за довжиною, форма, забарвлення шкірки). Статистичну обробку показників господарської придатності гречки їстівної визначали методом варіаційного аналізу.

Результати. Показники господарської придатності сортів гречки їстівної відповідно становили: урожайність – 1,79-2,77 т/га, маса 1000 зерен – 27,4-31,9 г, висота рослини – 87,5-115,5 см, тривалість вегетаційного періоду – 70-101 діб, вміст білка – 14,8-17,3 %, плівчастість – 18,5-23,9 %. За проявом морфологічних ознак сортів гречки їстівної домінували наступні їх ступені виявлення: рослини з індетермінантним типом росту, великою кількістю суцвіть та середнім часом досягання; довге стебло із помірним антоціановим забарвленням та великою кількістю вузлів; великий розмір квітки із білим забарвленням пелюсток; середньої довжини або довга насінина, ромбічної форми, із помірно-коричневим забарвленням шкірки.

Висновки. Показники господарської придатності досліджуваних сортів гречки їстівної характеризувалися слабким варіюванням ознак, лише показник урожайності мав варіювання середньої сили.

**Ключові слова:** сорт, показники господарської придатності, морфологічні ознаки, ступінь виявлення ознаки, ступінь варіювання ознаки.

**Bahan A.V., Shakalii S.M., Rybalchenko A.M.**  
**Analysis of varietal resources of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.)**

Objective. Analysis of economic suitability indicators and manifestation of morphological features of buckwheat varieties.

Methods. The object of research was 21 varieties of buckwheat of different ecological and geographical origin: Antaria, Volodar, Volya, Deya, Eskalar, Krupynka, Medova, Olga, Petropavlivska, Podilska, Pokrovska, Ruta, Selyanochka, SYN-3/02, Slobozhanka, Sofia, Sumchanka, Ukrainka, Khrystyna, Yuvileina 100, Yaroslava. The following economic suitability indicators were studied: yield, weight of 1000 grains, plant height, duration of the growing season, protein content, filminess. The manifestation

of morphological features was studied: plants (growth type, total number of inflorescences, ripening time), stems (anthocyanin color, length, number of nodes), flowers (size, color of petals), seeds (length, shape, skin color). Statistical processing of economic suitability indicators of buckwheat was determined by the method of variational analysis.

**Results.** The economic suitability indicators of buckwheat varieties were: yield – 1.79-2.77 t ha<sup>-1</sup>, weight of 1000 grains – 27.4-31.9 g, plant height – 87.5-115.5 cm, duration of the growing season – 70-101 days, protein content – 14.8-17.3 %, filminess – 18.5-23.9 %. The following degrees of detection dominated in terms of the manifestation of morphological features of buckwheat varieties:

plants with an indeterminate growth type, a large number of inflorescences and an average ripening time; long stem with moderate anthocyanin color and a large number of nodes; large flower size with white petals; medium-length or long seeds, rhombic in shape, with a moderate brown skin color.

**Conclusions.** The economic suitability indicators of the studied varieties of buckwheat were characterized by weak variation of traits, only the yield indicator had a variation of medium strength.

**Key words:** variety, economic suitability indicators, morphological traits, degree of detection of the trait, degree of variation of the trait.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026  
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026  
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## ВПЛИВ БІОСТИМУЛЯТОРІВ НА РІСТ, РОЗВИТОК ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРГО ВІНИКОВОГО (*SORGHUM VULGARE* VAR. *TECHNICUM*)

БАЛАБАН В.М. – аспірант

[orcid.org/0009-0002-9379-6716](https://orcid.org/0009-0002-9379-6716)

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

**Постановка проблеми.** Хоча сорго віникове (*Sorghum vulgare* var. *technicum*) має всі шанси стати однією з перспективних культур України, наразі воно не набуло масового поширення і залишається в тіні популярніших агрокультур. Міжнародний досвід доводить: сорго може бути надзвичайно вигідним активом, який успішно конкурує з класичними видами сировини завдяки своїй економічній ефективності. Проте для того, щоб українські аграрії змогли повноцінно реалізувати цей потенціал, існує гостра потреба в інформаційному та науковому супроводі. Фермерам потрібні чіткі орієнтири: детальні відомості про світові тренди, доступ до сучасної селекції та перевірені технологічні карти вирощування. Саме систематизація цих знань стане фундаментом для масштабування посівів та перетворення сорго віникового на високоврожайний і прибутковий напрям вітчизняного агробізнесу [1, 2].

Сорго віникове є перспективною культурою для вирощування в умовах посушливого клімату завдяки високій посухо- та жаростійкості.

Необхідність системного аналізу глобального та вітчизняного досвіду вирощування сорго віникового сьогодні є пріоритетним завданням, оскільки це дозволяє виявити приховані можливості галузі та усунути бар'єри, що заважають її розвитку. Даний напрям є надзвичайно перспективним у межах трансформації аграрного бізнесу: він сприяє диверсифікації виробництва та забезпечує промисловість альтернативною сировиною [3]. В умовах дедалі жорсткішого гідротермічного режиму в центральних і південних регіонах України, сорго віникове стає логічною відповіддю на кліматичні ризики. Впровадження цієї культури дозволяє перейти до мало-витратних моделей господарювання, де стійкість до посухи стає головною запорукою отримання стабільних врожаїв. [4].

Актуальність наукових пошуків сьогодні зосереджена на розробці адаптивних технологій вирощування сорго віникового, де ключова роль відводиться оптимізації живлення та захисту через використання біостимуляторів росту, що активізують фізіолого-біохімічні процеси в рослинах. Вони сприяють кращому засвоєнню елементів живлення, стимулюють фотосинтез та підвищують стійкість до стресів [5, 6]. Окрім селекції нових сортів, важливо обґрунтувати практичну значущість культури як екологічної сировини для виготовлення вініків та

інших виробів. Розвиток цього напрямку відкриває для фермерських господарств нові експортні можливості та забезпечує стабільний дохід завдяки затребуваності натуральної продукції на зовнішніх ринках. [6, 7].

Через глобальні зміни клімату та погіршення стану ґрунтів українське землеробство стикається з серйозними викликами, особливо в зоні ризикованого землеробства на півдні країни. Оскільки класичні сільсько-господарські культури часто не витримують дефіциту вологи, виникає гостра потреба у впровадженні альтернативних видів. Головна вимога до них – поєднання природної стійкості до посухи з можливістю отримання гарантованих врожаїв у стресових умовах [8].

**Мета статті.** Встановлення закономірностей впливу передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення біостимуляторами на морфофізіологічні показники, темпи проходження фенологічних фаз та кінцеву продуктивність культури.

**Матеріали та методи досліджень.** Дослідження впливу біостимуляторів на сорго віникове зазвичай базується на польових дослідах із 3-х разовою повторністю, що включають обробку насіння та позакореневого підживлення. Методика передбачає фенологічні спостереження, вимірювання біометричних показників (висота, площа листків). Інформацію взято з типової наукової методології, описаної в агрономічних дослідженнях [9, 10].

Дослідження проводилися у польових умовах протягом вегетаційних періодів 2023-2025 рр. в селищі Катлабуг Ізмаїльського району Одеської області в СФГ «Малина». Розташоване воно в південній степовій зоні України, безпосередньо біля озера Катлабуг, що визначає специфіку його природних умов. Ґрунти переважно характеризуються поширенням родючих, але вразливих до засухи ґрунтів. Тут переважають слабогумусні чорноземи південні міцелярно-карбонатні, важкосуглинкові.

Клімат регіону визначається як помірно-континентальний з ознаками морського, що характеризується високим рівнем сонячної радіації та дефіцитом вологи. Середньорічна температура становить близько +11,1 °С. Літо тривале та спекотне (середня температура липня +24 °С), зима коротка, м'яка та малосніжна (середня температура січня –2 °С). Безморозний період триває від 170 до 210 діб. Район є одним із найбільш посушливих в Україні. Річна норма опадів становить



лише 250–300 мм. Більшість опадів випадає влітку у вигляді короточасних злив.

Через часті посухи стабільні врожаї можливі лише за умови інтенсивного зрошення. Озеро Катлабуг є стратегічним джерелом води для поливу навколишніх сільгоспугідь.

Умови сприятливі для вирощування посухостійких зернових (озима пшениця, ячмінь, сорго), соняшнику, а також виноградарства. Останніми роками спостерігається зниження рівня води в озері Катлабуг та підвищення мінералізації, що негативно впливає на якість зрошення та стан підземних вод. Об'єкти дослідження: сорти сорго вінікового (Красень та Карликове 45) та біостимулятори (Хелафіт комбі та Квантум СіАмін).

**Результати досліджень.** Сорго вінікове (*Sorghum technicum* Roshev) входить до складу родини – найважливішої групи культурних рослин у світовому землеробстві. Найбільш розповсюджений вид цього роду, *S. bicolor*, широко застосовується як для виробництва технічної сировини (віників), так і в біоенергетиці. Через посилення посушливості клімату роль сорго як стійкого компонента агроценозів південних регіонів значно зростає, перетворюючи його на критично важливу культуру для сучасного агросектору [6].

Сорго вінікове – це однорічна рослина, онтогенез якої охоплює послідовні етапи: від появи сходів і кушіння до фаз виходу в трубку, викидання волотей, цвітіння та фізіологічного дозрівання зерна. Фундамент високої врожайності закладається на початкових етапах через вчасну сівбу. Водночас критично важливим для формування якісного врожаю є безперебійне водоспоживання в періоди кушіння та виходу волоті, коли рослина є найбільш чутливою до гідротермічних умов [11].

Дослід закладено за схемою трифакторного експерименту (табл. 1).

Передпосівний обробіток насіння сорго вінікового біостимуляторами Квантум СіАмін та Хелафіт комбі є фундаментальним етапом інтенсифікації вирощування, що компенсує біологічно повільний старт культури. Використання Квантум СіАмін на основі екстракту

морських водоростей та амінокислот стимулює метаболічні процеси в зародку, що дозволяє прискорити появу сходів на 2–3 дні та підвищити адаптивність молодих проростків до температурних коливань і дефіциту вологи [10].

Паралельно з цим, інкубація насіння полікомпонентним препаратом Хелафіт комбі забезпечує рослини синергічним комплексом хелатованих мікроелементів та фітогормонів (ауксинів і цитокінінів). Це не лише підвищує енергію проростання та польову схожість у середньому на 2,4%, а й виступає потужним антидотом у бакових сумішах із фунгіцидними протруювачами, нівелюючи їхній ретардантний (пригнічувальний) вплив на зародок [12].

Комплексна дія обох біостимуляторів ініціює інтенсивний ризогенез, формуючи розгалужену кореневу систему, що в подальшому позитивно корелює з показниками структури врожаю, зокрема збільшенням маси 1000 зерен до 2,2% та загальною стійкістю до післясходового гербіцидного стресу.

Подальше застосування досліджуваних біостимуляторів протягом вегетаційного періоду забезпечує мультимодальний вплив на морфологічні показники та адаптивний потенціал рослин сорго вінікового [13].

Внесення Квантум СіАмін у критичні фази органогенезу (зокрема у фазу 3–6 листків) дозволяє нівелювати транзиторні стреси, спричинені температурними флуктуаціями та гербіцидним навантаженням. Екзогенні амінокислоти та полісахариди екстракту морських водоростей виступають як готові енергетичні прекурсори, що прискорюють репарацію тканин і підтримують високий рівень тургору. Це сприяє інтенсифікації чистої продуктивності фотосинтезу та активному нарощуванню вегетативної маси, що є визначальним для культури з повільним початковим ростом.

Позакореневе підживлення препаратом Хелафіт комбі стимулює ендогенний синтез фітогормонів. Завдяки збалансованому співвідношенню ауксинів та цитокінінів, відбувається оптимізація архітекtonіки рослин: посилюється розвиток вторинної кореневої

Таблиця 1.

Схема дослідів. Вплив біостимуляторів на ріст та розвиток сорго вінікового

| Фактор А: зразки сорго вінікового. | Фактор В: біостимулятор | Фактор С: спосіб застосування біостимулятору                                                                                                                |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Красень                            | Без обробки (контроль)  |                                                                                                                                                             |
|                                    | Квантум СіАмін          | Передпосівна обробка насіння + позакореневе підживлення (у фенологічних фазах: фаза 3-5 листків, фаза кушіння, фаза виходу в трубку, фаза викидання волоті) |
|                                    | Хелафіт Комбі           | Передпосівна обробка насіння + позакореневе підживлення (у фенологічних фазах: фаза 3-5 листків, фаза кушіння, фаза виходу в трубку, фаза викидання волоті) |
| Карликове 45                       | Без обробки (контроль)  |                                                                                                                                                             |
|                                    | Квантум СіАмін          | Передпосівна обробка насіння + позакореневе підживлення (у фенологічних фазах: фаза 3-5 листків, фаза кушіння, фаза виходу в трубку, фаза викидання волоті) |
|                                    | Хелафіт Комбі           | Передпосівна обробка насіння + позакореневе підживлення (у фенологічних фазах: фаза 3-5 листків, фаза кушіння, фаза виходу в трубку, фаза викидання волоті) |

системи та механічних тканин стебла. На етапі диференціації конуса наростання (вихід у трубку) це забезпечує закладання потужнішої волоті з видовженими технічними гілками, що прямо корелює з виходом високоякісної вінікової сировини [13].

Системний вплив мікроелементів у хелатній формі (Zn, Cu, B, Mn) у складі Хелафіт комбі у фазі прапорцевого листка сприяє покращенню фертильності пилку та повноті озерненості волоті. Це забезпечує стабільну реалізацію генетичного потенціалу врожайності навіть за умов гідротермічного стресу (посухи). У фінальній фазі вегетації біостимулятори активують ретилізацію (перерозподіл) асимілятів із вегетативних органів до репродуктивних, що призводить до достовірного зростання маси 1000 зерен та покращення кондиційних показників насінневого матеріалу [13].

Комплексне застосування препаратів Квантум СіАмін та Хелафіт комбі впродовж вегетації формує стійку динаміку росту, скорочує тривалість міжфазних періодів та гарантує отримання вирівняної за морфологічними ознаками сировини з високими показниками технологічної придатності.

Протягом 2023-2025 рр. проводили обліки та спостереження за висотою рослин, площею листової поверхні, маси наземної частини, врожайність (табл. 2).

Аналіз результатів досліджень свідчить про стабільну позитивну реакцію обох сортів сорго вінікового (Красень та Карликове 45) на передпосівний обробіток насіння біостимуляторами.

Застосування препаратів ініціювало активний лінійний ріст та розвиток листової поверхні. Найвищий показник висоти рослин зафіксовано у варіанті з Квантум СіАмін, де приріст відносно контролю склав 11,7% для сорту Красень та 13,6% для сорту Карликове 45. Це корелює з дією фітогормонів препарату, що стимулюють поділ клітин.

Водночас, за показником площі листової поверхні лідером виявився Хелафіт комбі (225,0 см<sup>2</sup>

у сорту Красень), що забезпечило потужний фотосинтетичний потенціал для подальшого формування врожаю.

Ефективність біостимуляторів чітко простежується за показником врожайності зерна. Максимальну прибавку забезпечив Хелафіт комбі:

Сорт Красень: +0,77 т/га (+23,7% до контролю);

Сорт Карликове 45: +0,55 т/га (+19,6% до контролю).

Перевага Хелафіт комбі в наливі зерна пояснюється наявністю в його складі хелатованих мікроелементів (Zn, B, Mn), які критично важливі для фертильності пилку та донорно-акцепторного перенесення пластичних речовин до репродуктивних органів [14].

Кількісний вихід віників продемонстрував меншу залежність від типу препарату, проте стабільно перевищував контроль. Кращі результати отримано при використанні Квантум СіАмін, що забезпечило вихід на рівні 46,1–48,9 тис. шт./га. Це свідчить про те, що даний препарат краще сприяє виживаності рослин та збереженню густоти стояння до моменту збирання.

Отримані результати свідчать про високу ефективність біостимуляторів у технології вирощування сорго вінікового. Позитивний вплив пояснюється:

- активацією ферментативних процесів
- стимуляцією синтезу хлорофілу
- покращенням мінерального живлення

Сортові відмінності обумовлені генетичними особливостями рослин.

Хелафіт комбі доцільніше використовувати для максимізації зернової продуктивності та розвитку листового апарату.

Квантум СіАмін проявляє вищу ефективність у стимуляції лінійного росту та формуванні кількісного складу фітоценозу (кількості віників на гектар).

Сорт Красень виявився більш пластичним та чутливим до дії біостимуляторів за всіма показниками, крім валової кількості віників, де сорт Карликове 45 утримує лідерство завдяки генетичним особливостям.

Таблиця 2.

#### Вплив біостимуляторів на біометричні показники та врожайність, середнє 2023-2025 рр.

| Вплив біостимуляторів на висоту рослин сорго вінікового, см                        |           |              |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------|
| Варіант обробки                                                                    | Красень   | Карликове 45 |
| Контроль (без обробки)                                                             | 145       | 110          |
| Хелафіт комбі                                                                      | 158±4,2   | 121±3,5      |
| Квантум СіАмін                                                                     | 162±4,5   | 125±3,8      |
| Вплив біостимуляторів на площу листової поверхні сорго вінікового, см <sup>2</sup> |           |              |
| Контроль (без обробки)                                                             | 185,0     | 160,0        |
| Хелафіт комбі                                                                      | 225,0±68  | 182,0±55     |
| Квантум СіАмін                                                                     | 210,0±61  | 175,0±53     |
| Вплив біостимуляторів на врожайність сорго вінікового, зерно т/га                  |           |              |
| Контроль (без обробки)                                                             | 3,25      | 2,80         |
| Хелафіт комбі                                                                      | 4,02±0,11 | 3,35±0,10    |
| Квантум СіАмін                                                                     | 3,78±0,12 | 3,12±0,09    |
| Вплив біостимуляторів на врожайність сорго вінікового, віники шт/га                |           |              |
| Контроль (без обробки)                                                             | 43,2      | 45,8         |
| Хелафіт комбі                                                                      | 45,4 ±2,2 | 48,1± 2,3    |
| Квантум СіАмін                                                                     | 46,1±2,9  | 48,9±3,1     |



**Висновки.** Сорго віникове визначено як стратегічно важливу культуру для південного регіону України, що зумовлено його винятковою адаптивністю до аридних умов та здатністю формувати стабільну продуктивність у зоні ризикованого землеробства. Встановлено, що конкурентоспроможність культури забезпечується потужною архітектонікою кореневої системи та економічним коефіцієнтом водоспоживання.

Доведено, що максимізація генетичного потенціалу сучасних гібридів можлива лише за умови інтенсифікації технологій вирощування. Ефективним інструментом підвищення врожайності є застосування біостимуляторів, які виступають каталізаторами фізіологічних процесів у критичні фази органогенезу. Їх використання дозволяє нівелювати наслідки абіотичних стресів, активізувати обмін речовин та покращити засвоєння елементів живлення, що суттєво підвищує якісні показники продукції. Таким чином, поєднання селекційних досягнень із впровадженням біостимулюючих препаратів є необхідною умовою для забезпечення економічної безпеки аграрного сектору в умовах глобальних кліматичних викликів.

Встановлено сортову специфіку реакції сорго віникового на біостимулятори,

визначено ефективність препаратів у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах,

обґрунтовано доцільність їх застосування у технології вирощування. Біостимулятори достовірно підвищують ріст і продуктивність сорго віникового.

Найбільш ефективним є «Хелафіт комбі», приріст урожайності становить до 24%. Результати можуть бути використані при розробці ресурсоефективних технологій вирощування сорго віникового.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Фарафонов В. А. Сорго – потенційно стратегічна культура. *Хімія. Агрохімія. Сервіс*. 2003. № 17. С. 4.
2. Blagoeva, Elitsa, Plamen Marinov-Serafimov, and Irena Golubanova. Yield of broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] cultivated in Southern Bulgaria. *Journal of Agricultural, Food and Environmental Sciences*, JAFES 2022.76.7. P. 52-60.
3. Науково-теоретичні засади та практичні аспекти формування екологічнобезпечних технологій вирощування та переробки сорго в степовій зоні України: монографія / Федорчук М. І., Рахметов Д. Б., Федорчук В. Г., Коваленко О. А. та ін. Херсон, 2017. 208 с.
4. Food and Agriculture Organization (FAO). World Sorghum Production Statistics (2020-2023). URL: [www.fao.org](http://www.fao.org) (Статистичні дані для розділу про світовий ринок).
5. Рудник-Іващенко, О. І., Сторожик Л. І. Господарсько-цінні властивості сортів сорго різного використання. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2012. 81 (1). С. 175-182.
6. Jamshidi, Soleiman, Somayye Hashemizadeh, and Shahram Shahrokhi. Assessment of Auto-allelopathic Potential of Broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum*). *International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering*. 2011. 13. P. 116-120.
7. Черчель В.Ю., Боденко Н.А., Яланський О.В. Соргові культури: технологія, використання, гібриди та

сорта / За ред. О.К. Клименко. Д.: Інститут сільськогосподарства степової зони НААН. 2011. 63 с.

8. Дзюбецький Б.В., Яланський О.В., Кух М.В. Сорго. Практичні рекомендації. *Дніпропетровськ*. 2012. 110 с.
9. Методика польового досліду (Зрошуване землеробство): навчальний посібник / В. О. Ушкаренко, Р. А. Вожегова, С. П. Голобородько, С. В. Коковіхін. Херсон: Грін Д.С., 2014. 448 с.
10. Дослідна справа в агрономії: навчальний посібник. *Теоретичні аспекти дослідної справи* / А. О. Рожков, В. К. Пузік, С. М. Каленська, та ін. Х.: Майдан, 2016. 316 с. ISBN 978-966-372-609-0
11. Курило В. Л., Яланський О. В., Гамандій В. Л. Біоенергетична оцінка соргових культур. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2012. 14. С. 554-558.
12. Шів'ярі Г.Р. та ін. Вплив густоти посівів та використання післясходових гербіцидів на врожайність зерна та компоненти врожайності сорго звичайного (*Sorghum vulgare* var. *technicum*). *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2015. № 1–2. С. 83-96.
13. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Марченко Т. Ю., Пілярська О. О., Міщенко С. В. Маса 1000 зерен та урожайність гібридів кукурудзи залежно від густоти посіву та обробітку біопрепаратами. *Зрошуване землеробство*. 2022. Вип. 77. С. 13-18. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2022.77.3>
14. Правдива Л. А. Формування продуктивності сорго віникового залежно від елементів технології вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України. *Збірник наукових праць ВНАУ*. 2020. Вип. 18. С. 45–53.

#### REFERENCES:

1. Farafonov, V.A. (2003). Sorho – potentsiino stratehichna kultura [Sorghum is a potentially strategic crop]. *Khimii. Ahrokhimii. Servis*, 17, 4 [in Ukrainian].
2. Blagoeva, E., Marinov-Serafimov, P., & Golubanova, I. (2022). Yield of broomcorn (*Sorghum vulgare* var. *technicum* [Körn.] cultivated in Southern Bulgaria. *Journal of Agricultural, Food and Environmental Sciences* (JAFES), 76(7), 52-60.
3. Fedorchuk, M.I., Rakhmetov, D.B., Fedorchuk, V.G., & Kovalenko, O.A., et al. (2017). *Naukovo-teoretychni zasady ta praktychni aspekty formuvannia ekolohobezpechnykh tekhnolohii vyroshchuvannia ta pererobky sorho v stepovii zoni Ukrainy* [Scientific and theoretical principles and practical aspects of the formation of environmentally friendly technologies for growing and processing sorghum in the steppe zone of Ukraine]. Kherson, 208 [in Ukrainian].
4. Food and Agriculture Organization (FAO). (2023). World Sorghum Production Statistics (2020-2023). URL: <http://www.fao.org>
5. Rudnyk-lvashchenko, O. I., & Storozhyk, L. I. (2012). *Hospodarsko-tsinni vlastyvosti sortiv sorho riznoho vykorystannia* [Economic and valuable properties of sorghum varieties of different use]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva* [Collection of scientific papers of Uman National University of Horticulture], 81(1), 175-182. [in Ukrainian].

6. Jamshidi, S., Hashemizadeh, S., & Shahrokhi, S. (2011). *Assessment of Auto-allelopathic Potential of Broomcorn (Sorghum vulgare var. technicum)*. *International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering*, 13, 116-120.
7. Cherchel, V. Yu., Bodenko, N. A., & Yalanskyi, O. V. (2011). *Sorgovi kultury: tekhnolohiia, vykorystannia, hibrydy ta sorty [Sorghum crops: technology, use, hybrids and varieties]*. Dnipropetrovsk: Instytut silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN, 63 [in Ukrainian].
8. Dziubetskyi, B. V., Yalanskyi, O. V., & Kukh, M. V. (2012). *Sorho. Praktychni rekomendatsii [Sorghum. Practical recommendations]*. Dnipropetrovsk, 110. [in Ukrainian].
9. Ushkarenko, V. O., Vozhehova, R. A., Holoborodko, S. P., & Kokovikhin, S. V. (2014). *Metodyka polovoho doslidu (Zroshuvane zemlerobstvo) [Methodology of field experiment (Irrigated agriculture)]*. Kherson: Grin D.S., 448 [in Ukrainian].
10. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., Kalenska, S. M., et al. (2016). *Doslidna sprava v ahronomii. Teoretychni aspekty doslidnoi spravy [Experimental business in agronomy. Theoretical aspects of experimental business]*. Kharkiv: Maidan, 316 [in Ukrainian].
11. Kurylo, V. L., Yalanskyi, O. V., & Hamandii, V. L. (2012). Bioenerhetychna otsinka sorhovykh kultur [Bioenergy assessment of sorghum crops]. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv*, 14, 554-558. [in Ukrainian].
12. Shiv'iari, H. R., et al. (2015). Vplyv hustoty posiviv ta vykorystannia pislia skhodovykh herbitsydiv na vrozhaist zerna ta komponenty vrozhaistosti sorho zvychainoho (*Sorghum vulgare var. technicum*) [Influence of plant density and post-emergence herbicides on grain yield and yield components of broomcorn (*Sorghum vulgare var. technicum*)]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 1–2, 83-96 [in Ukrainian].
13. Vozhehova, R. A., Lavrynenko, Yu. O., Marchenko, T. Yu., Piliarska, O. O., & Mishchenko, S. V. (2022). Masa 1000 zeren ta urozhaist hibrydiv kukurudzy zalezho vid hustoty posivu ta obrobittu biopreparatamy [1000 kernel weight and yield of maize hybrids depending on sowing density and treatment with biological products]. *Zroshuvane zemlerobstvo*, 77, 13-18. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2022.77.3> [in Ukrainian].
14. Pravdyva, L. A. (2020). Formuvannia produktyvnosti sorho vinnykovoho zalezho vid elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Productivity formation of broom sorghum depending on elements of cultivation technology in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats VNAU*, 18, 45–53 [in Ukrainian].

**Балабан В.М. Вплив біостимуляторів на ріст, розвиток та продуктивність сорго вінікового (*Sorghum vulgare var. technicum*)**

**Мета.** Встановлення закономірностей впливу передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення біостимуляторами на морфологічні показники, темпи проходження фенологічних фаз та кінцеву продуктивність культури. **Методи.** Дослідження впливу біостимуляторів на сорго вінікове зазвичай базується на польових дослідках із 3-х разовою повторністю, що включають обробку насіння та позакорене

підживлення. Методика передбачає фенологічні спостереження, вимірювання біометричних показників (висота, площа листків). Інформацію взято з типової наукової методології, описаної в агрономічних дослідженнях.

**Результати.** Стаття присвячена актуальному питанню інтенсифікації технології вирощування сорго вінікового в умовах змін клімату через застосування сучасних біостимуляторів росту. В умовах Південного Степу України, де дефіцит вологи та температурні стреси є лімітуючими факторами, пошук ефективних засобів підтримки адаптивності рослин набуває стратегічного значення. Доведено, що обробка рослин у критичні фази розвитку (кущення та вихід у трубку) забезпечує збільшення довжини та розгалуженості технічної частини волоті, що є ключовим показником якості для сорго вінікового. Особливу увагу в роботі приділено аналізу структури врожаю та біометричних характеристик технічної сировини. В ході польових та лабораторних досліджень доведено, що дворазова обробка рослин у найбільш критичні фази органогенезу – кущення та вихід у трубку – забезпечує суттєве поліпшення архітектури волоті. Зокрема, зафіксовано збільшення довжини та розгалуженості технічної частини волоті, що безпосередньо впливає на її ринкову цінність та якісні параметри. Наукова новизна отриманих результатів полягає у розкритті складного механізму синергічної дії компонентів біостимуляторів (амінокислот, мікроелементів у хелатній формі, фітогормонів) на стресостійкість культури. Вперше детально описано вплив препаратів на регенераційну здатність сорго після тривалого температурного шоку. Встановлено, що стимуляція синтезу антиоксидантних ферментів дозволяє рослинам швидше відновлювати метаболічну активність та темпи росту після екстремальних умов. Практичне значення результатів дослідження полягає у розробці та обґрунтуванні вдосконаленої схеми застосування біопрепаратів, яка забезпечує приріст урожайності сухої маси та технічної сировини. Впровадження запропонованих заходів у технологічний процес дозволяє підвищити рентабельність вирощування сорго вінікового в умовах ризикованого землеробства, забезпечуючи сталий розвиток аграрного сектору регіону. **Висновок.** Дослідження підтвердило, що використання біостимуляторів у технології вирощування сорго вінікового є дієвим інструментом інтенсифікації виробництва в умовах Півдня України. Комплексна обробка насіння та посівів у критичні фази (кущення, вихід у трубку) оптимізує ріст рослин, покращує структуру волоті та підвищує якість технічної сировини. Завдяки синергічному ефекту препаратів зростає стресостійкість та регенераційна здатність культури до температурних шоків. Впровадження вдосконаленої схеми застосування біопрепаратів забезпечує стабільну урожайність і підвищує рентабельність сорго в умовах ризикованого землеробства.

**Ключові слова:** сорго вінікове, біостимулятори, Хелафіт комбі, СіАмін, ріст, розвиток, продуктивність.

**Balaban V.M. The Influence of Biostimulants on the Growth, Development, and Productivity of Broomcorn (*Sorghum vulgare var. technicum*)**

**The purpose.** Establishing the regularities of the influence of presowing seed treatment and foliar feeding with biostimulants on morphophysiological indicators, the rates of phenological phases, and the final productivity of the crop.

**Methods.** The study of biostimulants' impact on broomcorn is typically based on field experiments conducted in

triplicate, involving seed treatment and foliar application. The methodology includes phenological observations and measurement of biometric parameters (plant height, leaf area). The data is derived from standard scientific methodology established in agronomic research. **Results.** The article addresses the pressing issue of intensifying broom corn cultivation technology amidst climate change through the application of modern growth biostimulants. In the conditions of the Southern Steppe of Ukraine, where moisture deficit and temperature stress are limiting factors, the search for effective means to support plant adaptability acquires strategic importance. It has been proven that treating plants during critical developmental phases (tillering and booting) ensures an increase in the length and branching of the technical part of the panicle, which is a key quality indicator for broom corn. Particular attention in the study is paid to the analysis of yield structure and biometric characteristics of the technical raw material. Field and laboratory research demonstrated that a two-fold treatment of plants during the most critical phases of organogenesis – tillering and booting – provides a significant improvement in panicle architecture. Specifically, an increase in the length and branching of the technical part of the panicle was recorded, directly influencing its market value and quality parameters. The scientific novelty of the obtained results lies in revealing the complex mechanism of the synergistic effect of biostimulant components (amino acids, chelated trace elements, and phytohormones) on the crop's stress

resistance. For the first time, the impact of these products on the regeneration capacity of sorghum after prolonged temperature shock is described in detail. It was established that the stimulation of antioxidant enzyme synthesis allows plants to restore metabolic activity and growth rates more rapidly after exposure to extreme conditions. The practical significance of the research results consists in the development and substantiation of an improved scheme for biopreparation application, which ensures an increase in the yield of dry matter and technical raw materials. The implementation of the proposed measures into the technological process allows for increasing the profitability of broom corn cultivation in conditions of risky farming, ensuring the sustainable development of the region's agricultural sector. **Conclusion.** The study confirmed that the use of biostimulants in broomcorn cultivation technology is an effective tool for production intensification in Southern Ukraine. Complex treatment of seeds and crops during critical phases (tillering and booting) optimizes plant growth, improves panicle structure, and enhances the quality of technical raw materials. Due to the synergistic effect of the preparations, the crop's stress resistance and regenerative capacity after temperature shocks are increased. The implementation of the improved biostimulant application scheme ensures stable yields and increases the profitability of broomcorn under risky farming conditions.

**Key words:** broomcorn, biostimulants, Helafit Combi, SiAmin, growth, development, productivity.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 20.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

УДК 633.854.78:632.954:631.559

DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.36.6>

## БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА ЗАБУР'ЯНЕНІСТЬ СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД НОРМ ВИТРАТИ РОБОЧОГО РОЗЧИНУ ПІСЛЯСХОДОВИХ ГЕРБІЦИДІВ

**БАРБОЙ В.Б.** – аспірант[orcid.org/0009-0005-0806-4732](https://orcid.org/0009-0005-0806-4732)

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Міністерства освіти і науки України

**ТКАЛІЧ Ю.І.** – доктор сільськогосподарських наук, професор.[orcid.org/0009-0005-0806-4732](https://orcid.org/0009-0005-0806-4732)

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Міністерства освіти і науки України

**Постановка проблеми.** Соняшник є однією з провідних олійних культур України, але його продуктивність частково може стримуватись високою забур'яненістю посівів, особливо на ранніх етапах росту рослин. Конкуренція з боку бур'янів негативно впливає на культурні рослини і спричиняє зниження їх біометричних показників, що призводить до зниження урожаю і погіршення якості насіння [1]. У сучасних аграрних технологіях вирощування соняшнику одне з ключових завдань є ефективне контролювання бур'янів. Значну роль у цьому займають післясходові гербіциди, зокрема системи Express, яка демонструє високу ефективність у боротьбі з двосім'ядольними бур'янами [3]. Ефективність застосування гербіцидів залежить від правильного вибору часу внесення, й від технологічних параметрів обробки. Тому існує нагальна потреба в більш детальному вивченні впливу норм витрати робочого розчину післясходових гербіцидів на динаміку забур'яненості посівів і формування біометричних показників соняшнику.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За даними Тищенко А.В., Родіонова А.В. встановлено, що застосування досходових гербіцидів сприяло суттєвому покращенню структурних показників порівняно з контролем. Діаметр кошика збільшувався до 16,1–16,4 см, кількість насіння в кошику сягала 528,2–552,8 шт./рослину, а маса 1000 насінин становила 52,04–55,75 г. Застосування лише післясходових гербіцидів також сприяло зростанню цих показників, але найвищі результати були досягнуті при комбінованому використанні досходових і післясходових препаратів. Максимальна врожайність спостерігалася за поєднаного застосування диметенамід-П і трибенурон-метил для гібридів Р64ЛЕ25 (1,79 т/га) та Сайберік (1,65 т/га), а також диметенамід-П у комбінації з імазапіром та імазамоксом для гібридів Барбатті (1,80 т/га) та Р64LP130 (1,85 т/га) [4].

Дослідження Костиної Т. П., Дубовика Н. С., Сабадина і В. Я., Куманської Ю. О. показали, що за Express Sun технологією гербіцидного захисту рослини соняшнику сформували найбільшу висоту рослин та виділено гібриди П64ЛЕ25 (206 см) і ЕС АРОМАТІК СУ

(200 см). Показники діаметру кошику отримано у гібридів ЕС АРОМАТІК СУ (21,9 см) та СУЗУКА (21,3 см) за Express Sun технологією гербіцидного захисту. За урожайністю з ділянки, виділено гібриди: ЛГ5580 (11,13 кг) і НК КОНДІ (10,88 кг) – Express Sun технологія. У середньому за три роки гібрид ЛГ5580 сформував найбільшу урожайність – 4,0 т/га за технології Express Sun [6].

Каменшук Б. Д., Ткач Є. Д., Бунас А. А. і Кривулько М. В. встановили, що за результатами досліджень, проведених у 2020–2022 роках, із застосуванням системи захисту Експрес спостерігалось суттєве збільшення площі листової поверхні соняшнику від фази утворення кошика до дозрівання. Зокрема, у фазі утворення кошика у гібрида Суміко HTS площа листової поверхні складала – 24,1 тис.м<sup>2</sup>/га, що на 4 тис.м<sup>2</sup>/га перевищує показник контрольного варіанту. Це співвідношення зберігалось також у фазі цвітіння. Крім того, посіви соняшнику в умовах використання системи Експрес залишалися чистими, з мінімальним рівнем забур'яненості [9].

Отже, результати досліджень свідчать, що застосування гербіцидів забезпечує зниження забур'яненості, покращення біометричних показників рослин і підвищення врожайності соняшнику. Найвища ефективність досягається за використання сучасних технологій захисту, зокрема Експрес.

**Мета дослідження.** Наукове обґрунтування оптимальних норм застосування післясходових гербіцидів у посівах соняшнику за технологією Експрес та встановлення раціональної норми витрати робочого розчину, що спрямовано на підвищення ефективності контролювання бур'янів, поліпшення біометричних показників і продуктивності культури.

**Матеріали та методика досліджень.** Експериментальна робота виконувалася в 2023–2025 роках на полях ТОВ «Агрофірма ім. Горького» Новомосковського району Дніпропетровської області.

Схема досліду включала 16 варіантів, зокрема контроль без застосування ЗЗР та варіанти із використанням післясходових гербіцидів Експрес у нормах витрати – 25 і 50 г/га і Експрес Голд – 20, 40 і 50 г/га. Гербіцид Експрес Голд використали з підвищеною нормою препарату до 50 г в рамках експерименту. Досліджували три норми



© Барбой В.Б., Ткаліч Ю.І., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

витрати робочого розчину – 200, 100 і 50 л/га. У всіх варіантах застосовували ПАР Тренд 90 у нормі 0,15% від об'єму робочого розчину.

Методика дослідження базувалась на використанні сучасних методів, зокрема польових, вагово-вимірвальних, лабораторно-аналітичних і математично-статистичних. Всі методи відповідали актуальним методичним вимогам і стандартам, прийнятим для проведення агрономічних польових експериментів [5, 10].

**Результати досліджень.** Одним із ключових показників росту та продуктивності рослин є тривалість міжфазних періодів і загальний вегетаційний період. За даними різних авторів, ці фенологічні характеристики безпосередньо пов'язані з погодними умовами, типом ґрунту, особливостями гібриду та різними технологіями вирощування культури [8].

Застосування гербіциду Експрес у різних дозах та з різною нормою робочого розчину призводило до подовження вегетаційного періоду порівняно з контролем. Так, у варіантах із застосуванням препарату 25+25 г/га тривалість періоду «сівба–технічна стиглість» збільшувалася до 112–115 діб, що на 12–15 діб більше, ніж у контролі, де бур'янів було більше і це призводило до скорочення періоду вегетації.

Найбільш помітне продовження вегетаційного періоду було зафіксоване у варіантах із дозою гербіциду 50 г/га та оптимальною нормою робочого розчину 200 л/га, де тривалість склала 118 днів. Аналогічна тенденція відзначена і для варіантів застосування препарату Експрес Голд. За внесення 40–50 г/га та норми робочого розчину 200 л/га тривалість вегетаційного періоду досягала 118–119 діб, що є максимальним показником у досліді. Варто відзначити, що найменші значення тривалості вегетаційного періоду серед оброблених варіантів фіксувалися за зниження норми робочого розчину до 50–100 л/га (112–115 діб), що свідчить про невеликий

стрес для культури, хоча фітотоксичної дії гербіциду візуально зафіксовано не було.

Висота рослин соняшнику є одним із ключових інтегральних показників, що відображає особливості росту, розвитку та формування продуктивності культури. Зміни у висоті значною мірою залежать від комплексу чинників, серед яких важливе місце займають агротехнічні заходи, зокрема застосування гербіцидів [2, 4].

Середня висота рослин соняшнику за 3 роки змінювалася в межах від 167 до 185 см, що підтверджує стабільний вплив як технологічних прийомів, так і погодних умов років досліджень (табл. 1). Найвищі середні показники – 185 см відмічено у варіанті застосування гербіциду Експрес 25+25 г/га + 200 л/га води, що є оптимальним поєднанням норми препарату та технології внесення. Це свідчить про те, що дробне внесення препарату у поєднанні з достатнім об'ємом робочого розчину забезпечує найкращі умови для росту культури. Висота – 183 см також характерні для варіантів, де застосовували або аналогічну норму препарату при зменшенні об'єму води, або підвищену норму (50 г/га) за умови внесення 200 л/га робочого розчину. У варіантах із Експрес Голд середні значення варіювалися від 167 до 182 см. Найкращі результати – 182 см також досягалися за умови використання 200 л/га робочого розчину, тоді як зменшення об'єму води призводило до поступового зниження висоти рослин. Найнижчий показник висоти – 167 см відмічено у варіанті – 50 г/га + 50 л/га води, що підтверджує негативний вплив поєднання високої норми препарату з недостатнім об'ємом робочого розчину.

За рівнем конкурентоспроможності щодо біологічного пригнічення бур'янової рослинності соняшник займає проміжне положення: він поступається зерновим колосовим культурам суцільної сівби, які формують швидкий і щільний стеблостій, проте перевищує такі

Таблиця 1

**Висота рослин соняшнику у фазі цвітіння, см**

| Варіанти дослідів                            | Роки |      |      |                   |
|----------------------------------------------|------|------|------|-------------------|
|                                              | 2023 | 2024 | 2025 | Середнє за 3 роки |
| 1. Контроль (без застосування ЗЗР)           | 190  | 175  | 155  | 174               |
| 2. Експрес – 25+25 г/га + 200 л/га води      | 205  | 190  | 160  | 185               |
| 3. Експрес – 25+25 г/га + 100 л/га води      | 200  | 190  | 158  | 183               |
| 4. Експрес – 25+25 г/га + 50 л/га води       | 195  | 185  | 161  | 180               |
| 5. Експрес – 50 г/га + 200 л/га води         | 200  | 190  | 158  | 183               |
| 6. Експрес – 50 г/га + 100 л/га води         | 198  | 185  | 155  | 179               |
| 7. Експрес – 50 г/га + 50 л/га води          | 197  | 182  | 154  | 178               |
| 8. Експрес Голд – 20+20 г/га + 200 л/га води | 203  | 186  | 158  | 182               |
| 9. Експрес Голд – 20+20 г/га + 100 л/га води | 200  | 186  | 157  | 181               |
| 10. Експрес Голд – 20+20 г/га + 50 л/га води | 196  | 179  | 153  | 176               |
| 11. Експрес Голд – 40 г/га + 200 л/га води   | 195  | 180  | 159  | 178               |
| 12. Експрес Голд – 40 г/га + 100 л/га води   | 190  | 176  | 156  | 174               |
| 13. Експрес Голд – 40 г/га + 50 л/га води    | 190  | 179  | 152  | 174               |
| 14. Експрес Голд – 50 г/га + 200 л/га води   | 185  | 185  | 159  | 176               |
| 15. Експрес Голд – 50 г/га + 100 л/га води   | 182  | 180  | 156  | 173               |
| 16. Експрес Голд – 50 г/га + 50 л/га води    | 181  | 170  | 150  | 167               |

просапні культури, як кукурудза та сорго. Це зумовлено морфобіологічними особливостями соняшнику та специфікою технології його вирощування [8].

Технічна ефективність гербіцидів у 2023 році була найвищою серед усіх років дослідження. Максимальні показники забезпечили варіанти із дворазовим внесенням гербіциду Експрес (25+25 г/га + 200 л/га води) – 95% та Експрес Голд (20+20 г/га + 200 л/га) – 96%. Найвищий рівень ефективності відмічено у варіанті Експрес Голд (40 г/га + 200 л/га) – 97%. Загалом простежується чітка тенденція, що зі зменшенням норми робочої рідини до 50 л/га ефективність знижувалася до 76–81%. Варіанти з одноразовим внесенням препарату мали дещо нижчі показники порівняно з дворазовим застосуванням (рис. 1).

У 2024 році ефективність гербіцидів залишалася стабільно високою, хоча в окремих варіантах спостерігалось незначне зниження. Найкращі результати отримано у варіантах Експрес (25+25 г/га + 200 л/га) – 95% та Експрес Голд (20+20 г/га + 200 л/га) – 96%. Високу ефективність також показав варіант Експрес Голд (40 г/га + 200 л/га) – 92%. Зниження об'єму робочого розчину до 50 л/га знову призводило до погіршення контролю бур'янів до 79–84%. Загальна закономірність аналогічна 2023 року, де кращі результати забезпечувало дробне внесення та більша норма робочої рідини.

А вже у 2025 році спостерігалось суттєве зниження технічної ефективності всіх досліджуваних варіантів, що було зумовлено несприятливими погодними умовами в період внесення та гербіцидів. Насамперед відмічались підвищені температури повітря до 40°C та дефіцит

продуктивної вологи в ґрунті, що негативно впливало на фізіологічний стан як культурних рослин, так і бур'янів. Посилювався стресовий ефект препаратів, що проявлявся у пригніченні ростових процесів соняшнику, тимчасовому уповільненні розвитку, а в окремих випадках часткового ослаблення фотосинтетичної активності. Навіть найкращі варіанти (Експрес Голд 20+20 г/га + 200 л/га – 66% та Експрес 25+25 г/га + 200 л/га – 65%) поступалися попереднім рокам на 25–30%. У варіантах із меншою нормою робочої рідини ефективність знижувалася до 49–54%, а мінімальне значення зафіксовано у варіанті Експрес Голд –50 г/га + 50 л/га – 32%.

#### Висновки.

1. У результаті польових досліджень, проведених у 2023–2025 роках встановлено, що застосування гербіцидів Експрес та Експрес Голд у поєднанні з оптимальною нормою робочого розчину – 200 л/га забезпечує істотний вплив на тривалість вегетаційного періоду соняшнику. Зокрема, порівняно з контрольним варіантом без застосування засобів захисту рослин, відмічено подовження загального періоду «сівба–технічна стиглість» на 12–19 діб, залежно від дози препарату та умов внесення.

2. Встановлено, що застосування гербіцидів сприяло збільшенню висоти рослин соняшнику в середньому на 0,6–6,9% порівняно з контролем. Найвищий приріст (+6,9%) забезпечив варіант застосування гербіциду Експрес у нормі 25+25 г/га при витраті робочого розчину – 200 л/га. Виявлено чітку залежність між об'ємом робочого розчину та ефективністю технології: при зменшенні норми води до 100 та 50 л/га приріст висоти

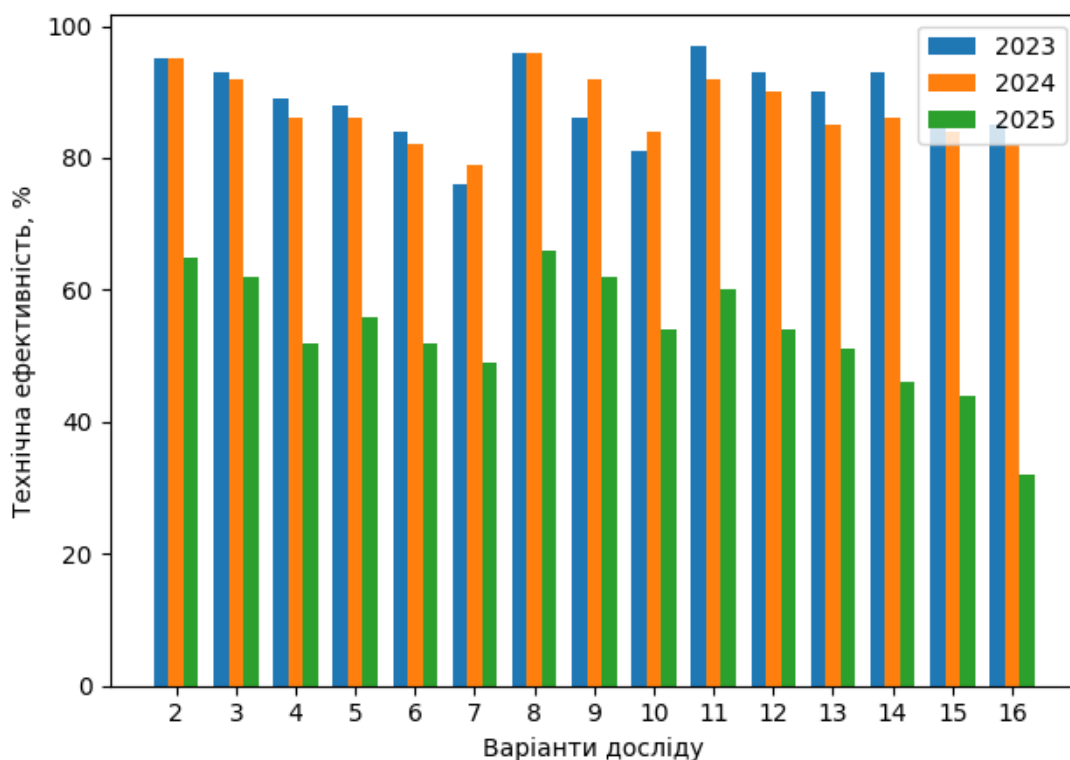


Рис. 1. Технічна ефективність гербіцидів, %

рослин знижувався до 2,9–5,8% та 1,7–4,0% відповідно. У варіантах із препаратом Експрес Голд приріст висоти був дещо нижчим і становив 0–5,2%, причому максимальні значення також досягалися за використання 200 л/га робочого розчину.

3. Досліди показали, що рівень технічної ефективності післясходових гербіцидів у посівах соняшнику значною мірою залежить від способу внесення препаратів, норми робочого розчину та погодних умов вегетаційного періоду. Найвищу ефективність контролю бур'янів (95–97%) забезпечували варіанти з дворазовим внесенням гербіцидів (25+25 та 20+20 г/га) у поєднанні з нормою робочої рідини – 200 л/га. Зменшення об'єму робочого розчину до 100 і особливо до 50 л/га призвело до зниження технічної ефективності на 10–20%, що супроводжувалося збільшенням кількості бур'янів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Мазур С. О., Матусевич Г. Д. Вплив ґрунтових гербіцидів на біометричні показники та врожайність соняшнику. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 1. С. 90–96. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2023.278544>.
2. Бабенко А.І. Вплив забур'яненості на урожай та якість насіння соняшнику. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Агрономія»*. 2017. № 2(69). С. 90–98. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_agr\\_2017\\_269\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_agr_2017_269_14).
3. FMC Ukraine. URL: <https://fmc.com.ua/>.
4. Тищенко А. В., Родіонов А. В. Насіннєва продуктивність гібридів соняшнику залежно від системи захисту від бур'янів. *Аграрні інновації*. 2025. № 30. С. 277–283. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2025.30.38>.
5. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А. Методика польового дослідження : навч. посіб. Одеса : Олді Плюс+, 2024. 448 с.
6. Костина Т. П., Куманська Ю. О., Дубовик Н. С., Сабатин В. Я. Оцінка технологій гербіцидного захисту та моніторинг фітопатогенного стану гібридів соняшнику в Центральному Лісостепу України. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 9. С. 261–270. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.9.2024.27>
7. Козечко В.І., Іванченко О.М. Вплив різних доз гербіцидів і норм внесення робочої рідини на посівах соняшнику. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 141. С. 136–146. [https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/141\\_2025/part\\_1/20.pdf](https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/141_2025/part_1/20.pdf).
8. Григор'єв В.М., Федчук А.Р. Ефективність гербіцидів у посівах соняшнику в умовах Західного Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2021. № 9. <http://jna.bio.gov.ua/article/view/256290/253401>.
9. Каменшук Б. Д., Ткач Є. Д., Бунас А. А., Кривулько М. В. Вплив систем захисту від бур'янів на формування асиміляційної поверхні листя соняшнику. *Збалансоване природокористування*. 2025. № 1. С. 136–143. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2025.324369>
10. Методики випробування і застосування пестицидів / С.О. Трибел та ін. Київ: Світ, 2001. 428 с.

#### REFERENCES:

1. Mazur, S. O., & Matusevych, H. D. (2023). Vplyv gruntovykh herbitsydiv na biometrychni pokaznyky ta vrozhaunist soniashnyku. [The effect of soil herbicides on biometric parameters and sunflower yield]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*, № 1. С. 90–96, 90–96. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2023.278544> [in Ukrainian].
2. Babenko A.I. (2017). Vplyv zabur'ianenosti na urozhai ta yakist nasinnia soniashnyku. [Influence of weed infestation on yield and seed quality of sunflower]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriiia Ahronomiia*, 2(69), 90–98. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_agr\\_2017\\_269\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_agr_2017_269_14) [in Ukrainian].
3. FMC Ukraine (n.d.). <https://fmc.com.ua/>
4. Tyshchenko, A. V., & Rodionov, A. V. (2025). Nasinnieva produktyvnist hibrydiv soniashnyku zalezno vid systemy zakhystu vid burianiv. [Seed yield of sunflower hybrids depending on the weed control system]. *Ahrarni innovatsii*, 30, 277–283. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2025.30.38> [in Ukrainian].
5. Ushkarenko V. O., Vozhehova R. A. (2024). Metodyka polovoho doslidu : navch. Posib. [Methods of field experiment: Textbook.]. Odessa : Oldi Plus+, 448 s. [In Ukrainian].
6. Kostyna, T. P., Kumanska, Yu. O., Dubovyk, N. S., & Sabadyn, V. Ya. (2024). Otsinkatekhnolohii herbitsydnogo zakhystu ta monitorynh fitopatohennoho stanu hibrydiv soniashnyku v Tsentralnomu Lisostepu Ukrainy. [Evaluation of herbicide control technologies and monitoring of the phytopathological condition of sunflower hybrids in the Central Forest-Steppe of Ukraine]. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnychkh nauk*, 9, 261–270. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.9.2024.27> [In Ukrainian].
7. Kozechko V.I., & Ivanchenko O.M. (2025). Vplyv riznykh doz herbitsydiv i norm vnesennia robochoi ridyny na posivakh soniashnyku [Influence of different herbicide doses and spray solution rates in sunflower crops]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 141, 136–146. [https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/141\\_2025/part\\_1/20.pdf](https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/141_2025/part_1/20.pdf) [in Ukrainian].
8. Hryhoriev V.M., & Fedchuk A.R. (2021). Efektyvnist herbitsydiv u posivakh soniashnyku v umovakh Zakhidnoho Lisostepu Ukrainy [Efficiency of herbicides in sunflower crops in the Western Forest-Steppe of Ukraine]. *Novitni ahrotekhnolohii*, 9. <http://jna.bio.gov.ua/article/view/256290/253401> [in Ukrainian].
9. Kamenshchuk, B. D., Tkach, Ye. D., Bunas, A. A., & Kryvulko, M. V. (2025). Vplyv system zakhystu vid burianiv na formuvannia asymiliatsiinoi poverkhni lystia soniashnyku. [The effect of weed control systems on the formation of the assimilation surface of sunflower leaves]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*, 1, 136–143. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2025.324369> [in Ukrainian].
10. Trybel S.O. (Ed.). (2001). Metodyky vyprobuвання i zastosuvannia pestytsydiv [Methods of testing and application of pesticides]. Kyiv: Svit. 428 p. [in Ukrainian].

**Барбой В.Б., Ткаліч Ю.І. Біометричні показники та забур'яненість соняшнику залежно від норм витрати робочого розчину післясходових гербіцидів**

**Мета.** Науково-обґрунтувати вибір оптимальних норм застосування післясходових гербіцидів у посівах соняшнику за технологією Експрес та встановлення раціональної норми витрати робочого розчину, що спрямовано на підвищення ефективності контролювання бур'янів, поліпшення біометричних показників і продуктивності культури.

**Методи.** Експериментальна робота виконувалася в 2023–2025 роках на полях ТОВ «Агрофірма ім. Горького» Новомосковського району Дніпропетровської області. Методика дослідження базувалась на використанні сучасних методів, зокрема польових, вагово-вимірвальних, лабораторно-аналітичних і математично-статистичних. Всі методи відповідали актуальним методичним вимогам і стандартам, прийнятим для проведення агрономічних польових експериментів.

**Результати.** Дослідженнями за 2023–2025 рр. встановлено, що норми витрати робочого розчину післясходових гербіцидів суттєво впливають на тривалість вегетації, ріст рослин та ефективність контролювання бур'янів у посівах соняшнику. Застосування препаратів сприяло подовженню вегетаційного періоду на 12–19 діб порівняно з контролем, з максимумом – 118–119 діб і за використання норми води – 200 л/га. Найвищі показники висоти рослин – 185 см отримано за дворазового внесення гербіциду та об'єму робочого розчину – 200 л/га, тоді як його зменшення до 50–100 л/га призводило до зниження ростових показників. Технічна ефективність гербіцидів у 2023–2024 рр. була високою – 95–97% і зменшувалася зі зниженням норми робочого розчину. У 2025 р. за умов високих температур і дефіциту вологи ефективність препаратів істотно знизилася до 32–66%, що супроводжувалося проявами гербіцидного стресу у рослин соняшнику. Встановлено, що оптимальним є застосування гербіцидів із нормою робочого розчину 200 л/га та дворазовим внесенням, що забезпечує максимальну ефективність контролювання бур'янів і сприятливі умови для росту культури.

**Висновки.** Встановлено, що застосування післясходових гербіцидів Експрес та Експрес Голд із нормою робочого розчину 200 л/га забезпечує подовження вегетаційного періоду соняшнику на 12–19 діб порівняно з контролем. Виявлено позитивний вплив гербіцидного захисту на ріст рослин, де висота збільшувалася на 0,6–6,9%, з максимумом за дворазового внесення Експрес (25+25 г/га) при 200 л/га. Зменшення об'єму робочого розчину до 100–50 л/га знижувало ефективність дії препарату та ростові показники. Найвищий рівень контролю бур'янів (95–97%) досягався за дворазового внесення гербіцидів у поєднанні з нормою 200 л/га, тоді як зменшення об'єму робочої рідини призводило до зниження технічної ефективності на 10–20%. Оптимальним елементом технології є використання гербіцидів у дробних нормах із об'ємом робочого розчину – 200 л/га, що забезпечує максимальну ефективність захисту та нормальні умови розвитку соняшнику.

**Ключові слова:** соняшник, гербіциди, норма робочого розчину, технічна ефективність, забур'яненість, біометричні показники.

**Barboi V.B., Tkalich Yu.I. Biometric parameters and weed infestation of sunflower depending on the application rates of working solution of post-emergence herbicides**

**Purpose.** To scientifically substantiate the selection of optimal application rates of post-emergence herbicides in sunflower crops under the Express technology and to determine the rational rate of working solution aimed at increasing weed control efficiency, improving biometric parameters, and crop productivity.

**Methods.** The experimental study was conducted in 2023–2025 at the fields of LLC “Agrofirma im. Horkoho”, Novomoskovsk district, Dnipropetrovsk region. The research methodology was based on the use of modern methods, including field, gravimetric, laboratory-analytical, and statistical approaches. All methods complied with current methodological requirements and standards accepted for agronomic field experiments.

**Results.** Studies conducted in 2023–2025 showed that the application rates of working solution of post-emergence herbicides significantly affect the duration of vegetation, plant growth, and weed control efficiency in sunflower crops. The use of herbicides increased the vegetation period by 12–19 days compared to the control, with a maximum of 118–119 days at a water rate of 200 L/ha. The highest plant height (185 cm) was obtained under split application of herbicides with a working solution volume of 200 L/ha, whereas reducing it to 50–100 L/ha led to a decrease in growth parameters.

The technical efficiency of herbicides in 2023–2024 was high (95–97%) and decreased with a reduction in the working solution rate. In 2025, under high temperatures and moisture deficit, herbicide efficiency significantly decreased to 32–66%, accompanied by signs of herbicide stress in sunflower plants. It was established that the optimal approach is the use of herbicides at a working solution rate of 200 L/ha with split application, ensuring maximum weed control efficiency and favorable crop growth conditions.

**Conclusions.** It was found that the application of post-emergence herbicides Express and Express Gold at a working solution rate of 200 L/ha ensures an extension of the sunflower vegetation period by 12–19 days compared to the control. A positive effect of herbicide protection on plant growth was observed, with plant height increasing by 0.6–6.9%, reaching a maximum under split application of Express (25+25 g/ha) at 200 L/ha. Reducing the working solution volume to 100–50 L/ha decreased herbicide efficiency and growth parameters. The highest level of weed control (95–97%) was achieved under split herbicide application combined with 200 L/ha, while reducing the working solution volume led to a decrease in technical efficiency by 10–20%. The optimal technological element is the use of herbicides in split doses with a working solution volume of 200 L/ha, ensuring maximum protection efficiency and favorable sunflower development.

**Key words:** sunflower, herbicides, working solution rate, technical efficiency, weed infestation, biometric parameters.

Дата першого надходження статті до видання: 24.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026



UDC 633.491:631.816.3:631.83/.85

DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.36.7>

## EFFICIENCY OF LOCAL APPLICATION OF PHOSPHORUS-POTASSIUM FERTILIZERS IN POTATO CULTIVATION

**BYKIN A.V.** – Doctor of Agricultural Sciences, Professor*orcid.org/0000-0001-7212-7340*

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

**KUCHER L.I.** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor*orcid.org/0000-0002-7211-693X*

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

**PANCHUK T.V.** – Doctor of Philosophy in Agrarian Sciences and Food, Senior Lecturer*orcid.org/0000-0003-2629-1427*

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

**MOROZ S.Yu.** – Doctor of Philosophy in Agrarian Sciences and Food, Assistant*orcid.org/0000-0001-9394-0664*

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

**POSHKREBNOV V.V.** – Postgraduate*orcid.org/0009-0003-5189-9861*

Uman National University

**RETMAN M.S.** – Doctor of Philosophy in Agrarian Sciences and Food, Senior Researcher*orcid.org/0000-0002-6972-2410*

Institute of Water Problems and Melioration, National Academy of Sciences of Ukraine

**Problem Statement.** Obtaining consistently high yields of agricultural crops, and potatoes in particular, is one of the most important tasks of the modern agricultural sector of the economy. Today, Ukraine occupies leading positions in global potato production, confidently entering the top three largest producer countries in the world. In recent years, the highest volumes of production of this crop are demonstrated by China with an indicator of 93 million tons and India, which produces 51 million tons.

Ukraine, having a gross harvest at the level of 23 million tons, closes this global top three. In total, these three states provide approximately 45% of all global potato production. In addition, countries such as the USA, Bangladesh, Germany, Poland, the Netherlands, and Canada significantly increase production volumes, together producing approximately 24% of the global volume [1].

At the same time, Ukraine stands out not only by the scale of cultivation but also by an extremely high level of domestic consumption. Our state ranks second in the world in terms of potato consumption per capita. The average statistical indicator of consumption in Ukraine is 139 kg per year per 1 person. To understand the scale, it is worth noting that the global average potato consumption is only about 33 kg/person/year. Such data make it possible to fully realize the strategic importance of potatoes for Ukrainians and their key role in ensuring national food security [1].

According to UCAB statistical data, in recent years, the area under potatoes in Ukraine has increased by 2.72%, or by 35 thousand hectares, reaching the mark of 1325 thousand hectares. However, despite the expansion of sown areas, average yield indicators remain very low. An analysis of recent years shows that in 2022 the yield

was at the level of 16.5 t/ha, in 2023 it was 17.3 t/ha, in 2024 this indicator decreased to 14.5 t/ha, an insignificant increase in yield occurred in 2025 – 18.3 t/ha. Thus, the average yield for the last three years fixed at the level of 16.7 t/ha. This indicator is extremely low compared to the leading countries of the world, where intensive cultivation technologies are introduced. For example, in the USA this indicator reaches 50 t/ha, in Canada – 43 t/ha, in Holland – 43 t/ha, in France – 43 t/ha, and in Germany – 45 t/ha [2].

It should be emphasized that low yields in Ukraine are not a fatal inevitability. In certain advanced farms in Ukraine, thanks to the introduction of the latest scientific developments and intensive nutrition technologies into production, the yield consistently reaches 35-45 t/ha. This convincingly proves that the overall potential of economic productivity of potatoes in the country currently remains underutilized [2].

The main problem hindering the achievement of high results is the imperfection of nutrition systems. Obtaining high potato yields undoubtedly requires the use of significant rates of nutrients. Under the traditional, most widespread in domestic practice method of application, fertilizer granules are broadcast over the field surface using centrifugal units and are only later mixed with the soil during mechanical tillage. This method has a number of fundamental drawbacks. One of them is the critical unevenness of fertilizer distribution, which is especially acute in fields with problematic soil texture. Such unevenness causes field variegation, desynchronization of emergence, as well as uneven growth and development of potato plants [3].

An even more serious problem is that intensive mixing of fertilizer granules with a large volume of soil highly activates



the processes of their dissolution, chemical absorption, and strong binding of nutrients by the soil absorbing complex. As a result, a massive transition of vital elements into a form unavailable to plants occurs. Considering this, solving the problem of low yield and low quality of seed material requires urgent optimization of the method of fertilizer application, in particular, the transition to the local application of phosphorus and potassium fertilizers, which allows creating zones of high concentration of available elements directly in the zone of plant root system location [4].

#### **Analysis of Recent Research and Publications.**

Long-term fundamental research conducted by scientists in many countries of the world convincingly proves the exceptional importance of proper use of mineral fertilizers to ensure a significant increase in crop yields. Potato plants are characterized by increased demands for the availability of nutrients. These substances must be present in the soil not only in sufficient quantities but also necessarily in an available, easily assimilable form. This specificity is largely determined by the biological and morphological features of the potato, and, above all, its poorly developed root system, which forms a relatively small volume and is located mainly in the upper, arable soil layer [5].

An analysis of scientific sources confirms that the overall effectiveness of mineral fertilizers directly and inextricably depends on the methods and quality of their application. With the traditional broadcast method, fertilizers are randomly distributed over the soil surface. It has been established that with this technology, about 50% of fertilizer granules are accumulated in the 0–15 cm soil layer, and a significant part of them eventually becomes poorly available to plants. The primary reason for this is that the potato root system, during prolonged vegetation, constantly searching for moisture and nutrients, develops and inevitably locates deeper than this horizon [6].

Moreover, climatic conditions in Ukraine are undergoing noticeable changes, and soil drought is becoming quite a frequent meteorological phenomenon. It provokes rapid drying of the topsoil (exactly where the lion's share of broadcasted fertilizers is located). The lack of moisture stops the transition of elements into the soil solution, which catastrophically increases the proportion of unavailable nutrients for the root system, especially under conditions of improper soil texture [7].

Researchers also emphasize the technological flaws of the broadcast method. In production conditions, it is extremely difficult to maintain ideally required intervals between equipment passes without the use of special navigation equipment, so the quality of fertilizer application sharply decreases. The uneven spatial distribution of nutrients in the soil leads to uneven emergence of plants, their further development, and maturation, which ultimately results in a significant shortfall in yield and deterioration of its fractional quality. A separate negative factor is that during fertilizer broadcasting, repeated soil compaction by the running systems of machinery occurs, which subsequently causes a negative impact on potato growth. It is proved that up to 50% of the entire field area is subjected to such compaction [7].

An important technological technique analyzed in the scientific literature is the speed of fertilizer incorporation into the soil. Standards indicate that the time interval between fertilizer broadcasting and their incorporation should not exceed 6 hours. A delay in mixing fertilizers with the soil inevitably causes high nutrient losses and leads to environmental pollution. However, even timely incorporation has hidden threats: under intensive mixing of fertilizers with a large volume of soil, processes of chemical binding of nutrients and their rapid transition into hard-to-reach forms for plants are activated [8]. Foreign scientific studies confirm that potato has a relatively low overall need for phosphorus (from 25 to 45 kg/ha), but at the same time is characterized by a critically high need specifically for the available forms of this element due to the low efficiency of its assimilation. This is due to the fact that potato forms a shallow root system (most roots are located in the top 30 cm of soil) and a very low root length density, which is about a quarter of the wheat figures. Accordingly, the critical levels of phosphorus in the soil for potatoes are almost twice as high as for most other crops, and the efficiency of its use can be significantly improved precisely thanks to band (local) application [8].

In addition, foreign scientists emphasize that the movement of phosphorus to the root surface occurs primarily by diffusion. Therefore, localized subsurface band application of fertilizers not only guarantees the placement of nutrients directly in the root zone of plants but also minimizes chemical fixation (binding) reactions, allowing more phosphorus and potassium to remain available for uptake. As for potassium, its demand is also extremely high, especially during tuber initiation and bulking, and potatoes require 6–9 times more available potassium in the soil to reach 90% of their yield potential compared to crops like wheat or sugar beets. That is why advanced foreign publications recognize the band application of phosphorus and potassium as the most beneficial in terms of nutrient use efficiency due to the immediate proximity of the applied band to the main root mass [9].

Considering the above, advanced scientific studies indicate that an increase in the availability of nutrients and a significant reduction in costs are possible exclusively through the spatial optimization of fertilization. The most promising way to improve potato nutrition, reduce nutrient losses, eliminate the negative impact on the environment, and obtain high, stable yields is the local band application of mineral fertilizers directly into the zone of plant root system location [10].

Local application radically changes the architecture of nutrition. With this method, the total mass of the root system may change slightly, however, the development of small absorbing roots in the fertilizer application zone is repeatedly enhanced. It has been established that the root system intentionally concentrates in locally nutrient-enriched zones. This leads to a sharp increase in the coefficients of nutrient utilization by the plant compared to the broadcast method. Due to limited contact with the soil, a high content of nutrients in an available state under local application is maintained for a much longer time, providing significant yield increases. Of course, the final effectiveness

of this method is affected by a number of associated factors: the physicochemical properties of the fertilizers themselves, the initial soil fertility, its texture, the level of plant moisture supply, and the genetic characteristics of varieties [11].

In addition to the direct trophic effect, local fertilizer placement positively affects the overall ability of plants to withstand stressful abiotic conditions. It significantly improves the processes of storage substances synthesis in tubers and reduces the unproductive use of nutrients by weeds. A very important indicator of efficiency is that plant water consumption per unit of produced output under local application is reduced by 10–15%. According to generalized data from many studies, the average increase in potato yield from the transition to local fertilizer placement is about 3–4 t/ha [12].

Detailing the role of individual elements, it should be noted that local phosphorus application plays a critical role in metabolism. It provides accelerated growth and development of roots and shoots, guarantees an uninterrupted supply of energy (through the synthesis of high-energy compounds) for passing such vital processes as the absorption of ions from the soil solution and their transportation through tissues. Due to local placement, phosphorus compounds remain more available throughout the vegetation period, which directly causes the formation of an optimal number of tubers on each bush [13].

In turn, local application of potassium fertilizers repeatedly increases the intensity of potassium supply to plant tissues. Optimal potassium nutrition is the key to the active synthesis of carbohydrates in leaves and their rapid transport to storage organs. Potassium acts as the main regulator of water metabolism, significantly improves the absorption of moisture and associated nutrients by the roots, strengthens the general resistance of plants to diseases, and significantly improves the quality parameters of the formed tubers [14, 15].

**The Aim of the Article.** The aim of the conducted studies was to comprehensively investigate the effectiveness of using phosphorus and potassium under different methods (broadcast and local) and different rates of mineral fertilizer application, as well as to reliably establish their direct impact on the level of overall productivity and the yield of the seed potato fraction.

**Materials and Methods of Research.** To achieve the set goal and solve scientific and practical tasks, a large-scale field experiment was laid out. The research was conducted at the base of the Department of Agrochemistry and Quality of Plant Products named after O. I. Dushechkin of the National University of Life and Environmental Sciences

(NUBiP) of Ukraine. The direct site for the field stage was the production areas of Biotech LTD LLC, geographically located in the Boryspil district of the Kyiv region according to the developed and scientifically grounded experimental design (Table 1). A highly productive early-maturing potato variety Tyras was selected as the object of research [16].

To ensure high accuracy of the field experiment, the area of one sown plot was 500 m<sup>2</sup>, of which the accounting plot (from which the crop was directly harvested for analysis) was 350 m<sup>2</sup>. The experiment was repeated 3 times, which fully meets the requirements for setting up field experiments. The placement of variants within the experimental array was systematic.

The agrochemical characteristics of the field were of critical importance for interpreting the results. The soil of the experimental plot is classified as dark gray podzolized coarse-silty light loamy, formed on loess rock. Analysis of soil samples showed that it was characterized by a slightly acidic reaction of the soil solution (pH was 5.56). The soil had a high degree of supply of mobile compounds of macronutrients: the phosphorus content was 254 mg/kg, and exchangeable potassium – 216 mg/kg. In addition, an increased content of exchangeable magnesium was recorded at the level of 2.29 meq/100 g and an average calcium content – 7.58 meq/100 g. Instead, the content of mobile sulfur was low (3.15 mg/kg), as well as the content of mineral forms of nitrogen (15.3 mg/kg). Such initial soil parameters necessitated careful balancing of the mineral nutrition system. In the nutrition system, according to the experimental design, a number of high-quality industrially produced fertilizers were used. Nitrogen was applied in the form of urea-ammonium nitrate UAN-25, which contains 25% total nitrogen (N) and 2.40% sulfur (S). Phosphorus was applied in the form of liquid fertilizers brand APP 8:24, the composition of which includes 8% nitrogen and 24% water-soluble phosphorus oxide (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). The source of potassium was traditional potassium chloride with an active ingredient content (K<sub>2</sub>O) of 60%. Mesonutrients were compensated by the application of magnesium sulfate, containing 16% magnesium oxide (MgO), and calcium nitrate, which contains 15.5% nitrogen and 19% calcium (Ca). Before planting, the seed material was treated on the inspection table with growth stimulants: Gros Korenerist (1.5 l/t) and the preparation Ecoline Phosphite (K) (1 l/t). The common background for all plots was the surface application of nitrogen fertilizers (UAN-25) at the rate of N150 followed by mandatory incorporation into the soil. The application methods were differentiated using various agricultural units. On the control plots (broadcast method), APP was applied

Table 1

#### Scheme of the field experiment studying the effectiveness of different fertilizer application methods

| Variant | P and K application method | Application rate, kg a.i./ha       | Ratio to the base rate |
|---------|----------------------------|------------------------------------|------------------------|
| 1       | Broadcast (control)        | P <sub>80</sub> K <sub>180</sub> * | Full (100%)            |
| 2       | Local                      | P <sub>80</sub> K <sub>180</sub> * | Full (100%)            |
| 3       | Local                      | P <sub>60</sub> K <sub>135</sub> * | Reduced (75%)          |
| 4       | Local                      | P <sub>40</sub> K <sub>90</sub> *  | Reduced (50%)          |

Note: \*A common background of nitrogen nutrition N<sub>150</sub> was applied in all experiment variants.

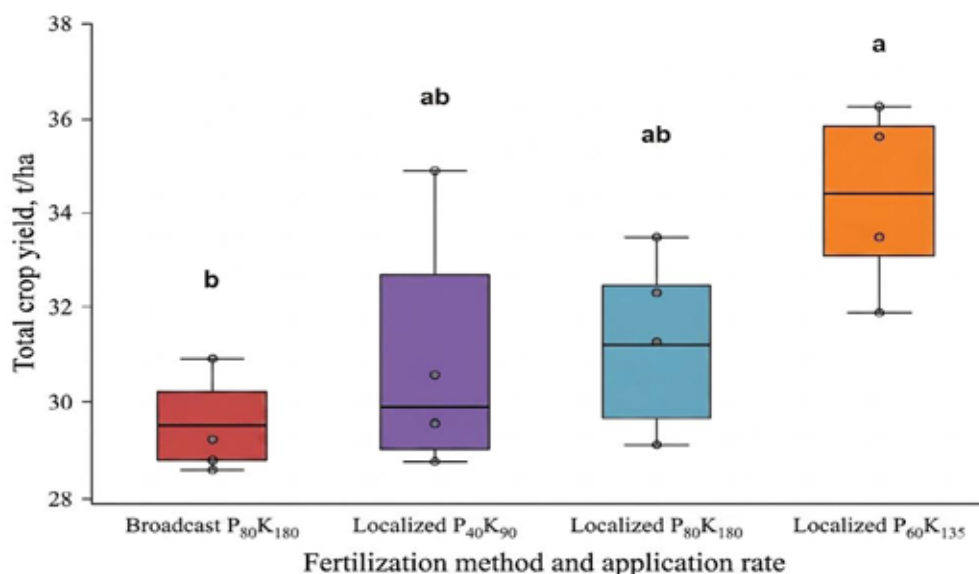


Fig. 1. Yield of seed potatoes under different methods and rates of fertilizer application

with a TECNOMA Laser sprayer. Potassium chloride was broadcast using a John Deere 6195M + MVD 1000 unit. After that, the field was treated with a Vaderstad Carrier CR 400 disc harrow to a depth of 10–15 cm to incorporate the fertilizers. Precise local application of phosphorus and potassium was carried out by a John Deere 8300 tractor aggregated with a Peliper complex. The system provided different-depth placement: phosphorus was applied using an injector to a depth of 15 cm, and potassium to 18–20 cm. Fertilizers were formed in the soil in narrow bands 10–12 cm wide, creating zones with a high concentration of nutrients.

The crop was harvested mechanically from the accounting plots during the technical ripeness period using standard methods. Statistical analysis was performed using one-way analysis of variance (ANOVA). Differences among treatment means were evaluated using Tukey's Honestly Significant Difference (HSD) test at  $\alpha = 0.05$ , which is appropriate for multiple pairwise comparisons following ANOVA. All statistical calculations and data visualizations were performed using the R programming language within the RStudio integrated development environment. Experimental research on plants, including the collection of plant material, complied with institutional, national, or international guidelines. The authors adhered to the standards of the Convention on Biological Diversity (1992).

**Research Results.** The study allowed objectively evaluating how the spatial placement of fertilizers affects the productivity of potato plants. In the control, where the full rate ( $P_{80}K_{180}$ ) was traditionally applied broadcast, the yield was 29.3 t/ha. Although this indicator is better than the average for Ukraine, at the same time the result demonstrates the limitation of broadcast application, in which phosphorus and potassium fertilizers remain in the upper soil layer and have a direct impact of moisture shortage, resulting in reduced availability of nutrients. Changing the method of fertilizer application demonstrated a positive dynamic. Local application of the same full rate  $P_{80}K_{180}$  against the background of  $N_{150}$  caused an increase

in productivity. In this variant, the yield increased to 31.5 t/ha, which is 2.20 t/ha higher than the control variant. This proves that the placement of nutrients in the zone of root system development (at a depth of 15–20 cm) contributes to the reduction of their chemical fixation by the soil, its drying out, and makes nutrition more stable.

At the same time, the best result was obtained by optimizing the fertilizer rate, namely by reducing it by 25% ( $P_{60}K_{135}$ ) and local placement, which gave the highest yield level in the experiment – 34.2 t/ha. This is 4.90 t/ha higher than the variant with broadcast application (control) and 2.70 t/ha more than the variant with local application of the full rate of fertilizers. This result is explained by the physiological reaction of the root system to the osmotic pressure of the soil solution. Local application of excessively high doses ( $P_{80}K_{180}$ ) in a narrow band creates a high concentration of salts, which can cause short-term stress and inhibit the growth of young absorbing roots in the initial stages of potato development. The reduced rate ( $P_{60}K_{135}$ ) became optimal: it provided the plant with a sufficient amount of nutrients without salt stress, stimulating root system growth and intensive tuber formation. Even a further, more radical reduction of the fertilizer rate by 50% from the control ( $P_{40}K_{90}$ ) with local application proved to be more effective than the broadcast method. At this fertilizer rate, the yield level reached 30.9 t/ha. This indicator is 1.60 t/ha higher than the control, but at the same time is 0.6 t/ha less than the variant with the application of the full rate of phosphorus and potassium fertilizers by the local method ( $P_{80}K_{180}$ ). Although this indicator is lower than the absolute maximum ( $P_{60}K_{135}$ ) – it proves that the spatial proximity of fertilizers to the roots is much more important than their gross quantity. Analysis of variance and pairwise comparison of mean values by Tukey's test (HSD,  $\alpha = 0.05$ ) demonstrated a statistically significant impact of fertilizer application methods and rates on overall yield. The highest efficiency was provided by the variant with local fertilizer application at the rate of  $P_{60}K_{135}$ ,

which significantly exceeded the indicators of traditional broadcast application of the full rate  $P_{80}K_{180}$  (index "b"). The variants of local fertilization with extreme rates  $P_{40}K_{90}$  and  $P_{80}K_{180}$  formed intermediate yield levels, which had no statistically significant difference from both the maximum and minimum values in the experiment. When evaluating cultivation efficiency, attention should also be paid not only to the gross harvest but also to the marketable structure of the crop, which is especially important for seed production. Tubers must meet standards (DSTU) in size and uniformity. High quality of seed potatoes guarantees the proper operation of planting machines and optimizes costs for the per-hectare seed rate. The fractional composition of the harvested crop is given in Table 2. According to the obtained data, with the traditional broadcast application of  $N_{150}P_{80}K_{180}$ , the yield of standard seed tubers (ranging in size from 28 to 55 mm) was 23.3 t/ha. This corresponds to 79.5% of the total gross harvest. At the same time, the volume of non-standard (very small and excessively large tubers) reached 6.01 t/ha. Such a high share of rejects is a consequence of an uneven supply of nutrients to plants during the growing season. Moisture deficit in the top layer causes the cessation of growth of a part of the laid stolons (a small fraction is formed), while individual tubers on bushes that found themselves in slightly better microconditions overgrow.

Localization of the same full rate ( $P_{80}K_{180}$ ) significantly changed the situation, increasing the yield of the target fraction. The standard yield increased by 5.0 t/ha, reaching 28.3 t/ha (89.8% of the total harvest). The mass of non-standard tubers decreased to 3.25 t/ha. Due to the concentration of nutrition, all plants were able to evenly lay down and develop tubers. The highest yield of the standard part of the crop, as well as the largest total mass, was recorded with the local application of the rate reduced by 25% ( $P_{60}K_{135}$ ).

This variant provided the highest yield of the seed fraction – 31.0 t/ha, or 90.6% of the total volume. The amount of non-standard was 3.17 t/ha. Balanced local nutrition provided ideal conditions for stable and uniform tuber formation. Further reduction of the rate to  $P_{40}K_{90}$  (by 50% of the full rate) with local application led to a deterioration of the crop structure. The yield of standard fractions decreased to 26.1 t/ha (4.9 t/ha less than the previous variant). The specific weight of the standard dropped to 84.5%, and the mass of non-standard tubers increased to 4.81 t/ha, mostly due to the appearance of a large number of overgrown tubers (>55 mm), whose mass was 3.69 t/ha.

A nutrient deficit in the final stages of vegetation causes competition between tubers, which determines the loss of their marketable uniformity. Thus, the analysis of the crop structure confirms that the introduction of local fertilizer application technology with the rate of  $P_{60}K_{135}$  (against the background of surface application of  $N_{150}$ ) is the most economically and agronomically justified step. This allows not only to increase the total harvest of seed potatoes but also ensures the formation of the maximum yield of high-quality planting material.

**Findings.** Conducted field studies convincingly prove the high effectiveness of spatial optimization of mineral nutrition systems. It has been established that the local band application of phosphorus-potassium fertilizers into the zone of active development of the potato root system (variety Tyras) not only stabilizes nutrition under moisture deficit conditions but also guarantees a higher yield level compared to the traditional broadcast method. Depending on the fertilizer rate, the yield increase under local application ranged from 1.6 t/ha to 4.9 t/ha compared to the control.

1. The highest agronomic and economic efficiency was demonstrated by local fertilizer application with an

Table 2

Structure of the seed potato crop under different methods of fertilizer application, 2022–2025 ( $x \pm SD$ ,  $n = 8$ )

| Fertilizer application method | Application rate, kg/ha a.i. | Fraction of tubers <28 mm (non-standard), t/ha | Fraction of tubers 28–35 mm, t/ha | Fraction of tubers 35–45 mm, t/ha | Fraction of tubers 45–55 mm, t/ha | Fraction of tubers >55 mm (non-standard), t/ha | Total standard fraction (28–55 mm), t/ha | Total non-standard fraction (<28, >55 mm), t/ha | Total yield, t/ha          |
|-------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------|
| Broadcast                     | $P_{80}K_{180}^*$            | 1,61 ± 0,09 <sup>a</sup>                       | 3,52 ± 0,30 <sup>a</sup>          | 10,70 ± 0,10 <sup>c</sup>         | 9,10 ± 1,36 <sup>b</sup>          | 4,40 ± 0,43 <sup>a</sup>                       | 23,3 ± 0,88 <sup>c</sup>                 | 6,01 ± 0,33 <sup>a</sup>                        | 34,24 ± 2,02 <sup>a</sup>  |
| Local                         | $P_{80}K_{180}^*$            | 1,14 ± 0,07 <sup>b</sup>                       | 2,87 ± 0,24 <sup>b</sup>          | 13,50 ± 0,95 <sup>ab</sup>        | 11,90 ± 1,06 <sup>ab</sup>        | 2,11 ± 0,19 <sup>c</sup>                       | 28,3 ± 2,13 <sup>ab</sup>                | 3,25 ± 0,09 <sup>c</sup>                        | 31,52 ± 1,89 <sup>ab</sup> |
| Local                         | $P_{60}K_{135}^*$            | 1,03 ± 0,09 <sup>b</sup>                       | 3,27 ± 0,19 <sup>ab</sup>         | 14,20 ± 0,81 <sup>a</sup>         | 13,60 ± 1,38 <sup>a</sup>         | 2,14 ± 0,24 <sup>c</sup>                       | 31,0 ± 1,36 <sup>a</sup>                 | 3,17 ± 0,11 <sup>c</sup>                        | 30,88 ± 2,75 <sup>ab</sup> |
| Local                         | $P_{40}K_{90}^*$             | 1,12 ± 0,05 <sup>b</sup>                       | 2,97 ± 0,29 <sup>ab</sup>         | 12,20 ± 1,35 <sup>bc</sup>        | 10,90 ± 1,67 <sup>ab</sup>        | 3,69 ± 0,36 <sup>b</sup>                       | 26,1 ± 1,58 <sup>bc</sup>                | 4,81 ± 0,26 <sup>b</sup>                        | 29,33 ± 1,07 <sup>ab</sup> |

Note: \*against the background of  $N_{150}$  application

Note: the letters indicate values significantly different within one column according to the result of the Tukey test ( $p < 0.05$ )

Source: developed by the authors

optimized, reduced by 25% rate ( $P_{60}K_{135}$  against the background of  $N_{150}$ ). This approach provided the maximum overall yield in the experiment, which amounted to 34.2 t/ha. In addition to the quantitative increase, this variant provided the best marketable structure of the crop: the yield of the target high-quality seed fraction (standard tubers 28–55 mm in size) reached 31.0 t/ha, which is 90.6% of the total gross harvest, with a minimum mass of non-standard rejects (3.17 t/ha).

2. Considering modern economic challenges and climate changes, wide production implementation of local fertilizer application systems in potato cultivation technologies is economically justified and has significant prospects.

#### BIBLIOGRAPHY:

1. The global potato market hits record highs. IndexBox. 2021. URL: <https://www.indexbox.io/store/world-potato-market-analysis-forecast-size-trends-and-insights/> (Last accessed: 29.04.2026).
2. Ломовських Л. О. Місце сільського господарства України у світовому в контексті індустріалізації 4.0. Сталий розвиток аграрної сфери: інженерно-економічне забезпечення: матеріали II Міжнарод. наук.-практ. конф. Бережани, 2021. С. 45–48.
3. Огляд ринку картоплі в Україні: динаміка посівних площ, урожайність та баланс попиту за 2024–2025 роки. Асоціація «Український клуб аграрного бізнесу» (УКАБ). Київ, 2025. URL: <https://ucab.ua/> (дата звернення: 29.04.2026).
4. Бойко А. Л., Савченко Ю. В. Ефективність сучасних технологій та недоліки розкидного способу внесення мінеральних добрив під просапні культури. Агробіологія. 2023. № 2. С. 112–119.
5. Grados D., García S., Schrevens E. Assessing the potato yield gap in the Peruvian Central Andes. *Agricultural Systems*. 2020. Vol. 181. P. 102817. DOI: 10.1016/j.agsy.2020.102817.
6. Літвінова О. А., Малієнко А. М., Лопушняк В. І. Просторовий розподіл та доступність макроелементів у профілі ґрунту за різних способів внесення мінеральних добрив. Агрохімія і ґрунтознавство. 2023. Вип. 94. С. 45–53.
7. Гнатюк Т. О. Вирощування картоплі у короткоротаційній сівозміні за різних систем удобрення. Наукові доповіді НУБіП України. 2018. № 5. DOI: 10.31548/dopovidi2018.05.016.
8. Продуктивність картоплі залежно від сортових особливостей за вирощування в Правобережному Лісостепу України / М. В. Остренко та ін. Агробіологія. 2020. № 1. С. 120–127.
9. Пономаренко Н. О., Яропуд В. М., Зозуляк О. В. Прийоми локального внесення добрив. Вібрати в техніці та технологіях. 2016. № 1. С. 59–62.
10. Ільчук Р. В. Урожайність і якість картоплі залежно від норм і способів внесення мінеральних добрив. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2018. Вип. 63. С. 56–66.
11. Адамчук В. В., Мойсеєнко В. К. Сучасні тенденції розвитку технічних засобів для локального внесення мінеральних добрив. Механізація та електрифікація сільського господарства. 2017. Вип. 5 (106). С. 12–19.
12. Борис Н. М. Вплив систем обробітку ґрунту та удобрення на продуктивність картоплі. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2019. № 1. С. 34–38.
13. Господаренко Г. М. Агрохімія: підручник. Київ: Агроосвіта, 2018. 464 с.
14. Optimizing phosphorus fertilizer management in potato production / C. J. Rosen, K. A. Kelling, J. C. Stark, G. A. Porter. *American Journal of Potato Research*. 2014. Vol. 91, № 2. P. 145–160. DOI: 10.1007/s12230-014-9371-2.
15. Interaction of fertilizer phosphorus rate and placement/timing on potatoes / K. A. Kelling, R. P. Wolkowski, P. E. Speth, T. W. Andraski. *American Journal of Potato Research*. 2020. Vol. 97, № 4. P. 420–431. DOI: 10.1007/s12230-020-09784-2.
16. Бикін А. В., Панчук Т. В. Ріст і розвиток рослин картоплі за різних способів і норм внесення добрив. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія. 2022. Т. 48, № 2. С. 23–30. DOI: 10.32845/agrobio.2022.2.4

#### REFERENCES:

1. IndexBox. (2021). The global potato market hits record highs. Retrieved from <https://www.indexbox.io/store/world-potato-market-analysis-forecast-size-trends-and-insights/>
2. Lomovskyykh, L.O. (2021). Mistse silskoho hospodarstva Ukrainy u svitovomu v konteksti industrializatsii 4.0 [The place of Ukrainian agriculture in the global context of industrialization 4.0]. *Stalyi rozvytok aharnoi sfery: inzhenerno-ekonomichne zabezpechennia: materialy II Mizhnar. nauk.-prakt. konf., Berezhany*, 45–48 [in Ukrainian].
3. Asotsiatsiia «Ukrainskyi klub aharnoho biznesu» (UKAB). (2025). Ohliad rynku kartopli v Ukraini: dynamika posivnykh ploshch, urozhainist ta balans popytu za 2024–2025 roky [Overview of the potato market in Ukraine: dynamics of sown areas, yield and demand balance for 2024–2025]. Kyiv: UKAB. Retrieved from <https://ucab.ua/> [in Ukrainian].
4. Boiko, A.L., & Savchenko, Yu.V. (2023). Efektyvnist suchasnykh tekhnolohii ta nedoliky rozkydnogo sposobu vnesennia mineralnykh dobyv pid prosapni kultury [Efficiency of modern technologies and disadvantages of the broadcast method of applying mineral fertilizers for row crops]. *Ahrobiolohiia*, 2, 112–119 [in Ukrainian].
5. Grados, D., García, S., & Schrevens, E. (2020). Assessing the potato yield gap in the Peruvian Central Andes. *Agricultural Systems*, 181, 102817. DOI: 10.1016/j.agsy.2020.102817
6. Litvinova, O.A., Maliienko, A.M., & Lopushniak, V.I. (2023). Prostorovy rozpodil ta dostupnist makroelementiv u profili gruntu za riznykh sposobiv vnesennia mineralnykh dobyv [Spatial distribution and availability of macronutrients in the soil profile under different methods of mineral fertilizer application]. *Ahrokhimiia i gruntoznastvo*, 94, 45–53 [in Ukrainian].
7. Hnatiuk, T.O. (2018). Vyroshchuvannia kartopli u korotkorotatsiini sivozmini za riznykh system udobrennia [Potato cultivation in a short-rotation crop rotation under different fertilization systems]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*, 5. DOI: 10.31548/dopovidi2018.05.016 [in Ukrainian].
8. Ostrenko, M.V., Pravdyva, L.A., Fedoruk, Yu.V., Hrabovskyi, M.B., & Pravdyvyi, S.P. (2020). Produktivnist

- kartopli zalezno vid sortovykh osoblyvostei za vyroshchuvannya v Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Potato productivity depending on varietal characteristics when grown in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Ahrobiolohiia*, 1, 120–127 [in Ukrainian].
9. Ponomarenko, N.O., Yaropud, V.M., & Zozuliak, O.V. (2016). Priomy lokalnoho vnesennia dobryv [Methods of local application of fertilizers]. *Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh*, 1, 59–62 [in Ukrainian].
  10. Ilchuk, R.V. (2018). Urozhainist i yakist kartopli zalezno vid norm i sposobiv vnesennia mineralnykh dobryv [Yield and quality of potatoes depending on the rates and methods of mineral fertilizer application]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*, 63, 56–66 [in Ukrainian].
  11. Adamchuk, V.V., & Moiseienko, V.K. (2017). Suchasni tendentsii rozvytku tekhnichnykh zasobiv dlia lokalnoho vnesennia mineralnykh dobryv [Modern trends in the development of technical means for local application of mineral fertilizers]. *Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia sil'skoho hospodarstva*, 5(106), 12–19 [in Ukrainian].
  12. Borys, N.M. (2019). Vplyv system obrobitku gruntu ta udobrennia na produktyvnist kartopli [Influence of soil tillage and fertilization systems on potato productivity]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 1, 34–38 [in Ukrainian].
  13. Hospodarenko, H.M. (2018). *Ahrokhimiia: pidruchnyk* [Agrochemistry: a textbook]. Kyiv: Ahroosvita, 464 p. [in Ukrainian].
  14. Rosen, C.J., Kelling, K.A., Stark, J.C., & Porter, G.A. (2014). Optimizing phosphorus fertilizer management in potato production. *American Journal of Potato Research*, 91(2), 145–160. DOI: 10.1007/s12230-014-9371-2
  15. Kelling, K.A., Wolkowski, R.P., Speth, P.E., & Andraski, T.W. (2020). Interaction of fertilizer phosphorus rate and placement/timing on potatoes. *American Journal of Potato Research*, 97(4), 420–431. DOI: 10.1007/s12230-020-09784-2
  16. Bykin, A.V., & Panchuk, T.V. (2022). Rist i rozvytok roslyn kartopli za riznykh sposobiv i norm vnesennia dobryv [Growth and development of potato plants under different methods and rates of fertilizer application]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho aharnoho universytetu. Seriia: Ahronomiia i biolohiia*, 48(2), 23–30. DOI: 10.32845/agrobio.2022.2.4 [in Ukrainian].

**Бікін А.В., Кучер Л.І., Панчук Т.В., Мороз С.Ю., Пошкрєбнов В.В., Ретьман М.С. Ефективність локального внесення фосфорно-калійних добрив за вирощування картоплі**

**Мета.** Метою проведених досліджень було комплексно дослідити ефективність використання фосфору та калію за різних способів (розкидного та локального) і різних норм внесення мінеральних добрив, а також достовірно встановити їхній безпосередній вплив на рівень загальної продуктивності та вихід фракції насінневої картоплі.

**Методи.** Для виконання поставлених завдань було реалізовано масштабний польовий експеримент на виробничих площах ТОВ «Біотех ЛТД» (Бориспільський район, Київська область) на темно-сірому опідзоленому ґрунті. Дослідження проводили на за використання ранньостиглого сорту «Тирас». Схема досліджу базувалася на порівнянні традиційного (розкидне внесення)

та локального (в зону розвитку основної маси кореневої системи) способів внесення добрив. Базовий фон живлення для всіх без винятку ділянок складав азот у нормі 150 кг/га д.р. Контрольний варіант передбачав суцільне внесення повної норми добрив ( $P_{80}K_{180}$ ). Дослідні варіанти включали локальне внесення повної норми, а також норм, зменшених на 25% ( $P_{60}K_{135}$ ) та 50% ( $P_{40}K_{90}$ ). Технологічна операція здійснювалася спеціалізованими агрегатами на глибину 15–20 см. Облік урожаю проводили механізованим способом з подальшим детальним фракційним аналізом (виділення стандартних насінневих екземплярів 28–55 мм та нестандартних). Статистичну вірогідність отриманих масивів даних оцінювали за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) із застосуванням критерію Тьюкі (HSD) при  $\alpha = 0,05$ .

**Результати.** Експериментальні дані об'єктивно доводять, що просторова локалізація поживних речовин має визначальний вплив на продуктивність рослин картоплі. На контрольному варіанті із розкидним внесенням повної норми добрив врожайність досягала 29,3 т/га, водночас маса стандартної насінневої фракції складала 23,3 т/га (79,5% від валу), а обсяг нестандарту досяг 6,01 т/га. Перехід на локальний спосіб внесення аналогічної норми добрив забезпечив зростання загального збору до 31,5 т/га, а виходу цільової фракції – до 28,3 т/га. Найвищу врожайність продемонстрував варіант із локальним внесенням зменшеної норми на 25% ( $P_{60}K_{135}$ ). За таких умов зафіксовано абсолютний максимум маси врожаю на рівні 34,2 т/га. Цей підхід забезпечив найкращу товарну структуру: маса високоякісного насінневого матеріалу досягла 31,0 т/га (90,6% від загального валового збору), тоді як обсяг нестандартних екземплярів мінімізувався до 3,17 т/га. Подальше зниження норми на 50% за локального внесення (врожай 30,9 т/га) також виявилось результативнішим за традиційний підхід, підтверджуючи фізіологічну перевагу просторової наближеності елементів до кореневої системи над їх загальною фізичною масою.

**Висновки.** Проведені польові дослідження переконливо доводять високу ефективність просторової оптимізації систем мінерального живлення. Доведено, що локальне внесення добрив безпосередньо у зону активного розвитку кореневої системи стабілізує засвоєння сполук за умов дефіциту вологи та мінімізує їх перехід у недоступні форми. За такого способу найбільш економічно та агрономічно доцільним є застосування зменшеної на 25% норми добрив. Такий підхід гарантує не лише отримання максимального валового збору, але й формування бездоганної структури врожаю з найвищим відсотком якісного насінневого матеріалу. Широке впровадження подібних інноваційних рішень у виробництво є стратегічно важливим інструментом розкриття генетичного потенціалу рослин.

**Ключові слова:** продуктивність агроценозу, насіннева фракція, стрічковий спосіб, оптимізація живлення, макроеlementи, сорт Тирас, рівень урожайності, абіотичний стрес.

**Bykin A.V., Kucher L.I., Panchuk T.V., Moroz S.Yu., Poshkrebnov V.V., Retman M.S. Efficiency of local application of phosphorus-potassium fertilizers in potato cultivation**

**Purpose.** The purpose of the conducted research was to comprehensively study the effectiveness of using macronutrients under different technologies of their spatial

distribution (broadcast and band) and different rates of mineral agrochemicals application. The main task was to reliably establish their direct impact on the level of overall productivity and the yield of the target seed fraction of tubers. In addition, the study aimed to determine the optimal spatial architecture of nutrition, which would minimize the negative impact of abiotic stresses (in particular, moisture deficit in the upper soil layers) and significantly reduce the chemical binding of nutrients by the soil absorbing complex. This is fundamentally important for optimizing modern agricultural production and ensuring yield stability.

**Methods.** To achieve the set objectives, a large-scale field experiment was implemented on the production areas of Biotech LTD LLC (Boryspil district of Kyiv region) on dark gray podzolized soil. The research was conducted on plantings of the early-maturing variety "Tyras". The experimental design was based on comparing the traditional (continuous broadcasting) and innovative band (in the zone of the main root system mass) placement of nutrients. The basic nutritional background for all plots without exception was nitrogen at a rate of 150 kg/ha of active ingredient. The control variant involved the continuous distribution of the full rate of macronutrients ( $P_{60}K_{180}$ ). The experimental variants included band placement of the full rate, as well as rates reduced by 25% ( $P_{60}K_{135}$ ) and 50% ( $P_{40}K_{90}$ ). The technological operation was carried out by specialized units with injectors to a depth of 15–20 cm. Harvesting was carried out mechanistically with subsequent detailed fractional analysis (separation of standard seed specimens of 28–55 mm and non-standard ones). The statistical reliability of the obtained data arrays was evaluated using one-way analysis of variance (ANOVA) applying the Tukey test (HSD) at  $\alpha = 0.05$ .

**Results.** Experimental data objectively prove that the spatial localization of nutrients has a decisive influence on the productivity of the plant organism. In the control variant with the continuous distribution of the full rate, the

gross harvest was 29.3 t/ha, while the mass of the standard seed fraction was 23.3 t/ha (79.5% of the gross), and the volume of non-standard tubers reached 6.01 t/ha. The transition to the band placement of a similar full rate provided an increase in the gross harvest to 31.5 t/ha, and the yield of the target fraction to 28.3 t/ha. The highest agronomic performance was demonstrated by the variant with spatial optimization and a 25% reduction in the rate ( $P_{60}K_{135}$ ). Under these conditions, an absolute maximum gross mass was recorded at the level of 34.2 t/ha. This approach provided the best marketable structure: the mass of high-quality seed material reached 31.0 t/ha (90.6% of the total gross harvest), while the volume of non-standard specimens was minimized to 3.17 t/ha. A radical 50% reduction in the rate with band application (gross harvest 30.9 t/ha) also proved to be more effective than the traditional approach, confirming the physiological advantage of the spatial proximity of elements to the root system over their total physical mass.

**Findings.** The conducted studies convincingly demonstrated the high efficiency of spatial optimization of mineral nutrition systems. It is proved that the band placement of agrochemicals directly into the zone of active root system development stabilizes the assimilation of compounds under moisture deficit conditions and minimizes their transition into inaccessible forms. The most economically and agronomically justified is the use of band technology with an optimized macronutrient rate reduced by 25%. Such an approach guarantees not only obtaining the maximum gross harvest but also the formation of a flawless crop structure with the highest percentage of high-quality seed material. The wide implementation of such innovative solutions in production is a strategically important tool for unlocking the genetic potential of plants.

**Key words:** agroecosystem productivity, seed fraction, band method, nutrition optimization, macronutrients, Tyras variety, yield level, abiotic stress.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026  
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026  
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026



## ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПЕРІОДУ СІВБИ РІПАКУ ОЗИМОГО РІЗНИХ ГЕНОТИПІВ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

БУЛАХ А.О. – аспірант

[orcid.org/0009-0006-0008-3434](https://orcid.org/0009-0006-0008-3434)

Одеський державний аграрний університет

**Постановка проблеми.** Продуктивність агрокультур є основними показником для визначення ефективності розроблених і впроваджених агротехнічних елементів сучасних технологій. Сучасні гібриди озимого ріпаку мають потенційну урожайність 5,0–6,0 т/га, а в селекційних установах на виході сорти та гібриди врожайністю 7 і більше тонн насіння з гектара. За наявного ресурсу ґрунтово-кліматичних умов Західного Лісостепу України, що сприяють найкращому росту й розвитку ріпаку озимого, отримання урожайності насіння в межах 3–4 т/га не є межею зростання урожайності. Висока родючістю ґрунту, задовільна водо- та повітропроникність, оптимальна кількість опадів і температурний режим, за дотримання інноваційних елементів технології, можливо отримувати врожайність культури понад 4–5 т/га. Однак, аграріям вдається збирати значно менші врожаї. Причиною у цьому є не тільки бур'яни, шкідники та хвороби, а й недотримання агротехнологічних вимог вирощування культури [1]. Тому питання удосконалення елементів агротехнологій нових інноваційних генотипів ріпаку озимого залишається відкритим, це і стало метою нашого дослідження.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Основними чинниками реалізації генотипового потенціалу ріпаку є забезпечення сприятливих передумов формування агроценозу з врахуванням загальних біологічних та фізіологічних вимог, закономірностей розвитку рослин за ефективного використання агрокліматичного ресурсу зони вирощування [2].

Норма висіву насіння – є одним з вагомих чинників формування щільності рослин, що визначає їх ступінь зимостійкості, інтенсивності росту і розвитку в осінній та весняно-літній періоди [3–5].

Для активної вегетації рослині потрібна оптимальна площа живлення, яка забезпечить поживними речовинами і вологою процес формування продуктивного агроценозу [6–9].

Як свідчать літературні джерела, урожайність культури знижується як при зрідженому, так і при густому стеблостоя. Незважаючи на численні дослідження, для низки культур, оптимальні межі зріджених чи загущених посівів мають значне коливання і визначаються агро-екологічною зоною та сортовими особливостями [10].

Для формування продуктивного агроценозу, рослинам необхідна площа живлення, на якій вони отримують максимальну кількість необхідних мінеральних

елементів живлення та ґрунтової вологи. Густота рослин ріпаку озимого суттєво впливає на точку росту в осінній період та кореневої системи, що має пряме відношення до зимостійкості і урожайності культури. [11].

При вивченні норм висіву насіння багато вчених звертають увагу на завищення норми висіву, що призводить до формування щільного, загущеного стеблостоя, при цьому рослини затіняють одна одну і через це значна їх частина випадає з ценозу, а в тих, що змогли вижити, спостерігається сповільнений розвиток. Через високу конкуренцію за елементи живлення, ослаблюється формування індивідуальної продуктивності рослин, що призводить до зменшення структурних елементів урожаю: кількості розгалужень, стручків, насіння в стручках, що спричиняє зменшення продуктивності, особливо гібридів, яким властива більша здатність до розгалуження [12].

Надмірно загущені посіви несумісні з інтенсивними технологіями вирощування культури (ріпак озимий) на насіння. У загущених посівах точка росту видовжуються ще з осені, що призводить високого розміщення точки росту, і це є першою причиною ускладнень перезимівлі, що призводить до ураження морозами і навіть до повної загибелі [13]. Під час онтогенезу надпірна чисельність рослин на одиниці площі живлення спричиняє до вилягання посівів, запізнілого цвітіння і нерівномірного дозрівання насіння, що спричиняє втрати врожаю, створює сприятливі умови для росту та поширення грибних захворювань [14].

Окремі автори також стверджують, що у зріджених посівах рослини ріпаку мають особливість розвивати більше бічних пагонів, але їхньої кількості і продуктивності недостатньо для забезпечення високої урожайності культури [15].

В Пакистані (провінція Пенджаб) оцінку впливу різних строків сівби на ріст і врожайність (*Brassica napus* L.) проводили з трьома датами сівби на основній ділянці (10 жовтня, 25 жовтня та 15 листопада). Найвищі значення ростових параметрів, врожайності та якості були зафіксовані за сівби 25 жовтня, які залишалися на рівні з 10 жовтня, але значно переважали показники за сівби 15 листопада. Таким чином, сівба 25 жовтня з внесенням 120 кг/га азоту є найбільш сприятливою для покращення показників росту та врожайності ріпаку [16].

Моделювання розвитку посівів може стати вирішальним інструментом для дослідження реакції росту ріпаку



на зміну дати сівби та густоти посіву. Нині існує лише декілька досліджень, пов'язаних з розробкою моделей вирощування ріпаку, особливо в частині комплексної оцінки впливу строків сівби та густоти рослин на розвиток і виробництво ріпаку. Поєднання результатів моделювання та польових даних дозволило визначити оптимальну схему сівби для досягнення стабільно високого врожаю на сході Китаю – сівба в жовтні та густота посіву 25,0–37,5 рослин/м<sup>2</sup>. Дослідження демонструє великий потенціал моделі AquaCrop для оптимізації схем сівби ріпаку та надає технічні рекомендації для формування місцевого виробництва озимого ріпаку [17].

Виробнича практика свідчить, що потенційна продуктивність ріпаку озимого формується восени впродовж перших 8-ми фенологічних фаз росту і розвитку і завдяки біологічній готовності рослин ввійти загартованими у зимовий період. Від вибору оптимального терміну сівби для конкретного кліматичного регіону залежить інтенсивність розвитку кореневої системи рослин ріпаку і формування необхідної розетки листків [18, 19].

Строк сівби та густота посіву вважаються основними факторами, що впливають на врожайність ріпаку озимого. Однак визначення дати сівби та норми висіву насіння пов'язане з невизначеністю через вплив кліматичних умов, рельєфу місцевості, сорту та інших факторів. Тому необхідно знайти комплексне врахування цих факторів, щоб керувати виробництвом озимого ріпаку.

**Метою** досліджень було вивчення та обґрунтування доцільності та напряду оптимізації строків сівби та норми висіву насіння озимого ріпаку в умовах Західного Лісостепу України.

**Матеріали і методи досліджень.** Польові досліді зі строками сівби озимого ріпаку проведено у 2023–2024 та 2024–2025 вегетаційних роках в Тернопільській обл., с. Цицори, Зборівський район 49°35'50.9"N 25°15'39.4"E. Наявність суттєвості різниці показників визначали математичною обробкою методом дисперсійного аналізу. Схема досліді включала 4 строки сівби: 20.08, 26.08, 02.09, 09.09. Ділянки у досліді розміщали послідовно у 2 яруси з 4-разовим повторенням. Площа облікової ділянки становила 180 м<sup>2</sup>. Норма висіву насіння: 350, 540, 700 тис. сх.нас./га.

Досліджували гібриди ріпаку озимого:

Темпо – це середньопізній інтенсивний гібрид селекції Lembke із високим вмістом олії. Завдяки швидкому осінньому розвитку придатний для пізніх термінів сівби, а навесні демонструє інтенсивне наростання біомаси. Гібрид має високу зимостійкість, стійкість до вилягання та розтріскування стручків, а також резистентність до фомозу (RLm<sup>3</sup>) та вірусу пожовтіння турнепсу (TuYV).

Арканзас (Limagrain) – середньоранній гібрид. Має толерантність до фомозу, завдяки генам RLM3, RLM7, а також високу толерантність до вертицильозу і склеротинії, що дозволяє отримувати стабільно високі врожаї в різних умовах вирощування.

ДК Іммінент від Monsanto (Dekalb) – середньостиглий гібрид озимого ріпаку, призначений для системи Clearfield.

Дослідження виконано згідно з загальноприйнятими методиками [20, 21].

**Результати досліджень.** Проведені експериментальні дослідження показали, що строки сівби значно впливають на розвиток рослин, формування зерна гібридів озимого ріпаку. Залежно від факторів досліді, рослини культури потрапляють у різні температурні режими, по-різному проходить онтогенез і, як наслідок, формують неоднакову продуктивність.

Результати досліджень, свідчать про істотну роль строків сівби у формуванні урожайності гібридів ріпаку озимого. Слід відзначити, що поряд із термінами сівби вагомим чинником впливу на продуктивність гібридів має рівень сприятливості погодних умов впродовж періоду вегетації культури.

Дослідження показали, що урожайність озимого ріпаку залежить від строку сівби та норми висіву насіння.

Під час досліджень урожайність озимого ріпаку коливалась залежно від строків сівби та норми висіву насіння від 2,66 до 4,43 т/га (табл.).

Враховуючи, що за більшої густоти рослин (до певної межі) є більше гілок і стручків на них, врожайність має бути більшою, що підтверджується даними таблиці. Отже, за норми висіву насіння 540 тис. сх. нас./га урожайність насіння склала 3,12–4,33 т/га, що на 9,3–10,3% більше а норми висіву насіння 350 тис. сх. нас./га (2,80–3,93 т/га) та на 14,8–15,8% більше за норми висіву насіння 700 тис. сх. нас./га (2,66–3,65 т/га). Оптимальною для всіх гібридів виявилась густота стояння рослин – 540 тис. рослин/га.

В результаті наших досліджень встановлено, що рівень врожайності залежав від строків сівби. Максимальна врожайність зафіксована у гібриду Темпо за сівби 26.08, мінімальна врожайність за сівби 09.09, гібриду ДК Іммінент максимальна врожайність спостерігалась за сівби 02.09, мінімальна врожайність за сівби 09.09, а у гібриду Арканзас максимальна врожайність у досліді спостерігалась за сівби 20.08, а мінімальна за сівби 09.09.

За результатами проведених досліджень встановлено, що середньоранній гібрид Арканзас максимальну врожайність насіння показав за сівби 20.08 та а норми висіву 540 тис. сх. нас./га – 4,41 т/га. Мінімальна урожайність – 2,66 т/га була за сівби 09.09 та а норми висіву 700 тис. сх. нас./га, зниження врожайності склало 1,75 т/га, або 39,7%.

Середньостиглий гібрид ДК Іммінент максимальну урожайність насіння показав за сівби 02.09 та норми висіву насіння 540 тис. сх. нас./га – 4,33 т/га. Мінімальну урожайність 2,95 т/га показав за сівби 09.09 та за норми висіву насіння 700 тис.р/га, зниження врожайності склало 1,38 т/га, або 31,9%.

Середньопізній гібрид Темпо максимальну врожайність насіння показав у середньому за два вегетаційних років за сівби 26.08 та норми висіву насіння 540 тис. сх. нас./га – 4,43 т/га. Мінімальну урожайність насіння – 2,83 т/га показав за сівби 09.09 та норми висіву насіння – 700 тис. сх. нас./га, зниження врожайності склало 1,60 т/га, або 36,2%.

Збиральна вологість насіння ріпаку є критичним показником для мінімізації втрат та забезпечення якості врожаю. Оптимальна вологість при збиранні: 7–10%.

Таблиця

Урожайність та вологість насіння рослин озимого ріпаку залежно від елементів агротехнології

| Строк сівби | гібрид                   | Норма висіву насіння, тис. сх. нас./га | 2023-2024<br>вегетаційний рік        |                         | 2024-2025<br>вегетаційний рік |                         | Середнє                      |                         |
|-------------|--------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|
|             |                          |                                        | урожай-<br>ність<br>насіння,<br>т/га | вологість<br>насіння, % | урожайність<br>насіння, т/га  | вологість<br>насіння, % | урожайність<br>насіння, т/га | вологість<br>насіння, % |
| 20.08       | Арканзас                 | 350                                    | 3,85                                 | 7,3                     | 4,00                          | 7,2                     | 3,93                         | 7,3                     |
|             |                          | 540                                    | 4,35                                 | 8,4                     | 4,47                          | 8,3                     | 4,41                         | 8,4                     |
|             |                          | 700                                    | 3,59                                 | 8,6                     | 3,70                          | 8,4                     | 3,65                         | 8,5                     |
|             | Темпо                    | 350                                    | 3,65                                 | 8,7                     | 3,80                          | 8,6                     | 3,73                         | 8,7                     |
|             |                          | 540                                    | 4,02                                 | 8,6                     | 4,17                          | 8,4                     | 4,10                         | 8,5                     |
|             |                          | 700                                    | 3,47                                 | 9,9                     | 3,63                          | 9,8                     | 3,55                         | 9,9                     |
|             | ДК Іммімент              | 350                                    | 3,54                                 | 8,7                     | 3,67                          | 8,5                     | 3,61                         | 8,6                     |
|             |                          | 540                                    | 3,87                                 | 8,4                     | 4,03                          | 8,1                     | 3,95                         | 8,3                     |
|             |                          | 700                                    | 3,37                                 | 9,5                     | 3,50                          | 9,3                     | 3,44                         | 9,4                     |
| 26.08       | Арканзас                 | 350                                    | 3,72                                 | 8,6                     | 3,87                          | 8,4                     | 3,80                         | 8,5                     |
|             |                          | 540                                    | 4,23                                 | 8,8                     | 4,37                          | 8,7                     | 4,30                         | 8,8                     |
|             |                          | 700                                    | 3,54                                 | 9,7                     | 3,70                          | 9,6                     | 3,62                         | 9,7                     |
|             | Темпо                    | 350                                    | 3,71                                 | 8,9                     | 3,83                          | 8,8                     | 3,77                         | 8,9                     |
|             |                          | 540                                    | 4,35                                 | 8,9                     | 4,50                          | 8,7                     | 4,43                         | 8,8                     |
|             |                          | 700                                    | 3,54                                 | 9,5                     | 3,70                          | 9,4                     | 3,62                         | 9,5                     |
|             | ДК Іммімент              | 350                                    | 3,35                                 | 9,6                     | 3,50                          | 9,3                     | 3,43                         | 9,5                     |
|             |                          | 540                                    | 3,92                                 | 9,5                     | 4,07                          | 9,4                     | 4,00                         | 9,5                     |
|             |                          | 700                                    | 3,26                                 | 9,4                     | 3,40                          | 9,2                     | 3,33                         | 9,3                     |
| 02.09       | Арканзас                 | 350                                    | 3,28                                 | 9,9                     | 3,43                          | 9,8                     | 3,36                         | 9,9                     |
|             |                          | 540                                    | 3,77                                 | 9,6                     | 3,93                          | 9,1                     | 3,85                         | 9,4                     |
|             |                          | 700                                    | 3,61                                 | 8,7                     | 3,27                          | 8,5                     | 3,44                         | 8,6                     |
|             | Темпо                    | 350                                    | 3,43                                 | 9,6                     | 3,57                          | 9,4                     | 3,50                         | 9,5                     |
|             |                          | 540                                    | 4,14                                 | 8,8                     | 4,30                          | 8,7                     | 4,22                         | 8,8                     |
|             |                          | 700                                    | 3,34                                 | 8,9                     | 3,50                          | 8,7                     | 3,42                         | 8,8                     |
|             | ДК Іммімент              | 350                                    | 3,35                                 | 8,9                     | 3,50                          | 8,8                     | 3,43                         | 8,9                     |
|             |                          | 540                                    | 4,26                                 | 8,6                     | 4,40                          | 8,4                     | 4,33                         | 8,5                     |
|             |                          | 700                                    | 3,41                                 | 8,7                     | 3,53                          | 8,4                     | 3,47                         | 8,6                     |
| 09.09       | Арканзас                 | 350                                    | 2,72                                 | 7,9                     | 2,87                          | 7,5                     | 2,80                         | 7,7                     |
|             |                          | 540                                    | 3,04                                 | 7,8                     | 3,20                          | 7,6                     | 3,12                         | 7,7                     |
|             |                          | 700                                    | 2,58                                 | 7,9                     | 2,73                          | 7,7                     | 2,66                         | 7,8                     |
|             | Темпо                    | 350                                    | 2,83                                 | 8,5                     | 2,97                          | 8,4                     | 2,90                         | 8,5                     |
|             |                          | 540                                    | 3,41                                 | 8,6                     | 3,57                          | 8,3                     | 3,49                         | 8,5                     |
|             |                          | 700                                    | 2,76                                 | 10,5                    | 2,90                          | 10,1                    | 2,83                         | 10,3                    |
|             | ДК Іммімент              | 350                                    | 3,02                                 | 7,9                     | 3,17                          | 7,7                     | 3,10                         | 7,8                     |
|             |                          | 540                                    | 3,88                                 | 9,4                     | 4,03                          | 9,3                     | 3,96                         | 9,4                     |
|             |                          | 700                                    | 2,88                                 | 8,8                     | 3,01                          | 8,7                     | 2,95                         | 8,8                     |
|             | НІР <sub>0,5</sub> , /га |                                        | 0,12                                 | 0,2                     | 0,11                          | 0,3                     | 0,11                         | 0,2                     |

Базова вологість (для елеваторів): стандартна вологість, при якій ріпак приймають без сушіння, становить 8%. Згідно з ДСТУ 4966:2008 базисними нормами для насіння ріпаку, яке заготовляють і постачають, передбачено рівень вологості в межах 7,0%, а для промислової переробки – 6,0–8,0% [22].

За даними таблиці отримані показники вологості ріпаку озимого всі варіанти відповідають обмежувальним нормам для промислового перероблення та знаходяться в межах 7,3–10,3%.

Значна різниця за вмістом води для насіння ріпаку обумовлена густотою рослин та строками сівби. Максимальна вологість 10,3 % спостерігалась у гібриду Темпо за сівби 09.09 та норми висіву насіння 700 тис. сх. нас./га. Мінімальна вологість 7,3% спостерігалась у гібриду Арканзас за сівби 20.08 та норми висіву насіння 350 тис. сх. нас./га.

Мінімальна вологість насіння спостерігається за норми висіву насіння 350 тис. рослин/га – 7,3%, максимальна вологість за норми висіву насіння 700 тис.

рослин/га – 10,3%. Строк сівби не мав істотного впливу на вологість насіння.

Так, за оптимальної густоти, стебла та стручки краще провітрювались, що сприяло зменшенню вмісту вологи в насінні.

Проведені дослідження підтверджують дані отримані іншими науковцями. Так у дослідженні Khan S. зі співавторами, зазначено, що густина рослин впливає на врожайність і ступінь вилягання, змінюючи стеблостій рослин [23]. Raey Y., Ghassemi-Golezani K. довели, що висока щільність рослин посилює захоплення світла стеблостоєм і підвищує врожайність до певного порогу насичення [24]. Дослідники Li Y.S. та Wang J.K., довели, що за високої норми висіву стеблостій є рівномірним, стебла тоншими, гілки коротшими, а дозрівання більш синхронізованим, усе це є факторами, які полегшують механізоване збирання та зменшують втрати врожаю [25, 26].

Таким чином, наші дослідження та дослідження інших науковців підтверджує, що існує потенціал підвищення врожайності ріпаку за рахунок збільшення густоти рослин у певному діапазоні.

**Висновки та пропозиції.** За результатами проведених досліджень встановлено, що середньоранній гібрид Арканзас максимальну врожайність насіння показав за сівби 20.08 – 4,41 т/га, середньостиглий гібрид ДК Імміненс максимальну врожайність насіння показав за сівби 02.09 та норми висіву насіння 540 тис. сх. нас./га – 4,33 т/га. Середньопізній гібрид Темпо максимальну врожайність насіння показав у середньому за два вегетаційні роки за сівби 26.08 та норми висіву насіння 540 тис. сх. нас./га – 4,43 т/га.

Показники вологості насіння переважно залежать від густоти стояння рослин. Мінімальна вологість (7,3%) спостерігалась у гібриду Арканзас за сівби 20.08 та норми висіву насіння 350 тис. сх. нас./га. За іншими показниками якості насіння відповідає ДСТУ 4966:2008 і відноситься до I класу. Таким чином, густина рослин, строк сівби та генотип суттєво впливає на врожайність і вологість насіння ріпаку озимого, що дозволяє регулювати фізіологічні потреби рослин і, таким чином, удосконалювати технологію вирощування.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Василенко С. Озимий ріпак: сучасні гібриди, технології вирощування та способи підживлення. *Агронаука і практика*. 2024. № 3(4). С. 38–43. [https://doi.org/10.32636/agroscience.2024-\(3\)-4-5](https://doi.org/10.32636/agroscience.2024-(3)-4-5).
2. Штанько М. Ріпак озимий не втрачає своїх позицій. *Агронаука і практика*. 2024 № 3(4). С. 4–11. [https://doi.org/10.32636/agroscience.2024-\(3\)-4-1](https://doi.org/10.32636/agroscience.2024-(3)-4-1).
3. Бучинський І. Весняний догляд ріпаку без ризиків. *Агроном*. 2019. № 2. С. 102–105.
4. Курцев В. Технологічні аспекти вирощування ріпаку. *Агробізнес сьогодні*. 2017. № 20. С. 51–55.
5. Мацера О. О. Біометричні параметри перезимівлі рослин озимого ріпаку за різних строків посіву та рівнів основного удобрення. *Збірник наукових праць ВНАУ: Сільське господарство та лісівництво*. 2016. № 3. С. 15–22.
6. Юрчук С.С. Урожайність та якість насіння ріпаку

озимого залежно від способу посіву та норми висіву в умовах Лісостепу Правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2020. № 89. С. 102–112.

7. Марченко Т. Ю., Пілярська О. О., Міщенко С. В., Лавриненко Ю.О., Базиленко Є. О., Марченко В. Д. Особливості фотосинтетичної діяльності гібридів кукурудзи залежно від строків сівби в умовах Північного Степу. *Аграрні інновації*. 2024. № 26. С. 63–70. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.9>.
8. Базиленко Є.О., Марченко Т.Ю. Індекси урожайності та ефективної продуктивності у гібридів кукурудзи різних груп ФАО за різних строків сівби у північному степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 136. Ч.1. С. 30–40. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.1.5>.
9. Забарний О. С., Забарна Т. А. (2023). Формування продуктивності гібридів ріпаку озимого залежно від ширини міжрядь. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2023. № 5(105). [https://doi.org/10.31548/dopovid5\(105\).2023.008](https://doi.org/10.31548/dopovid5(105).2023.008).
10. Ставицький А.А., Пелих С.О. Продуктивність ріпаку озимого залежно від сортових особливостей. *Гончарівські читання: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 94-річчю з дня народження доктора сільськогосподарських наук, професора Гончарова Миколи Дем'яновича (м. Суми, 25 травня 2023 р.)*. Суми, 2023. С. 138.
11. Забарний О. С., Забарна Т. А. Особливості догляду за посівами ріпаку озимого у весняний період. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 1 (32). С. 50–61. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-1-5>.
12. Ткачук О.П., Разанов С.Ф., Банул С.О. Наукові принципи підбору сортів і гібридів ріпаку озимого. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 7. С. 175–181. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.19>.
13. Донець А. О. Продуктивність ріпаку озимого залежно від сортового складу, густоти стояння рослин та фону мінерального живлення. *Зрошуване землеробство*. 2013. Вип. 60. С. 121–124.
14. Лавриненко Ю. О., Влащук А. М., Шапарь Л. В. Урожайність насіння та економічна ефективність вирощування сортів ріпаку озимого залежно від строків сівби та норм висіву в умовах Півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2016. № 96. С. 79–86.
15. Мацера О. О. Формування площі листової поверхні та фотосинтетичного потенціалу рослин озимого ріпаку залежно від строку посіву та системи удобрення. *Збірник наукових праць ВНАУ: Сільське господарство та лісівництво*. 2017. Вип. 6 (Том 1). С. 55–62.
16. Kaur K., Kumar S., Bhagat V. Performance of Gobhi season (*Brassica napus* L.) as influenced by different date of sowing and nitrogen levels under irrigated condition of central Punjab. *Journal of Oilseed Brassica*. 2022. Vol. 13, No. 2. P. 153–157.
17. Xie Z., Kong J., Tang M. et al. Modelling Winter Rapeseed (*Brassica napus* L.) Growth and Yield under Different Sowing Dates and Densities Using AquaCrop Model. *Agronomy*. 2023. Vol. 13, Iss. 2. P.367. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020367>.
18. Панчишин В. З., Стоцька С. В., Журибіда Д. Р. Насіннева продуктивність ріпаку озимого залежно

- від удобрення та строку посіву в умовах Полісся України. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарська наука*. 2023. № 130. С. 169–176. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.25>.
19. Домарацький Є. О. Позакореневі азотні підживлення та рістрегулюючі препарати як фактори формування фотосинтетичного потенціалу рослин ріпаку озимого. *Таврійський науковий вісник*. 2018. Вип. 101. С. 22–28.
  20. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві. Херсон: Айлант, 2013. 381 с.
  21. Ушкаренко В. А., Нікіщенко В. Л., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві і рослинництві: Навчальний посібник. Херсон: Айлант, 2008. 272 с.
  22. ДСТУ 4966:2008. Насіння ріпаку для промислового перероблення. [Чинний від 2010-07-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2010.
  23. Khan S., Anwar S., Kuai J., Ullah S., Fahad S., Zhou G. Optimization of nitrogen rate and planting density for improving yield, nitrogen use efficiency, and lodging resistance in Oilseed Rape. *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 8. P. 532. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00532>
  24. Raey Y., Ghassemi-Golezani K. Yield density relationship for potato (*Solanum tuberosum*) and common bean (*Phaseolus vulgaris*) in intercropping. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. 2009. Vol. 37. P. 141–147.
  25. Li Y.S. et al. High planting density benefits to mechanized harvest and nitrogen application rates of rapeseed (*Brassica napus* L.) Soil Science and Plant Nutrition. 2014. Vol. 60. P. 384–392. <https://doi.org/10.1080/00380768.2014.895417>.
  26. Wang J.K., Wu M.L., Ren S.G., Tang C.Z. Kinematic and dynamic analysis on reciprocating cutters cutting mechanism for rape harvester. *Chinese Agricultural Science Bulletin*. 2011. Vol. 27. P. 190–194.
- REFERENCES:**
1. Vasilenko, S. (2024). Ozymyi ripak: suchasni hibrydy, tekhnolohii vyroshchuvannya ta sposoby pidzhyvlennia [Winter repack: current hybrids, development technologies and methods of cultivation]. *Ahronauka i praktyka*, 3(4), 38–43. [https://doi.org/10.32636/agroscience.2024-\(3\)-4-5](https://doi.org/10.32636/agroscience.2024-(3)-4-5) [in Ukrainian].
  2. Shtanko, M. (2024). Winter ripak does not lose its position [Ripak ozymyi ne vtrachaie svoikh pozytsii]. *Ahronauka i praktyka*, 3(4), 4–11. [https://doi.org/10.32636/agroscience.2024-\(3\)-4-1](https://doi.org/10.32636/agroscience.2024-(3)-4-1) [in Ukrainian].
  3. Buchynskiy, I. (2019). Vesniani dohliad ripaku bez ryzykiv [Spring look at ripaku without risks]. *Ahronom*, 2, 102–105 [in Ukrainian].
  4. Kurtsev, V. (2017). Tekhnolohichni aspekty vyroshchuvannya ripaku [Technological aspects of the development of repack]. *Ahrobiznes sohodni*, 20, 51–55 [in Ukrainian].
  5. Matsera, O.O. (2016). Biometrychni parametry perezymivli roslyn ozymoho ripaku za riznykh strokiv posivu ta rivniv osnovnoho udobrennia [Biometric parameters of overwintered winter crops for different sowing lines and levels of the main fertilizer]. *Zbirnyk naukovykh prats VNAU: Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 3, 15–22 [in Ukrainian].
  6. lurchuk, S.S. (2020). Urozhainist ta yakist nasinnia ripaku ozymoho zalezno vid sposobu posivu ta normy vysivu v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho [The yield and vigor of winter crops depends on the method of sowing and the hanging rate in the forests of the Right Bank Forest Steppe]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 89, 102–112 [in Ukrainian].
  7. Marchenko, T.Yu., Piliarska, O.O., Mishchenko, S.V., Lavrynenko, Yu.O., Bazylenko, Ye.O., & Marchenko, V.D. (2024). Osoblyvosti fotosyntetichnoi diialnosti hibrydiv kukurudzy zalezno vid strokiv sivby v umovakh Pivnichnoho Stepu [The peculiarities of the photosynthetic activity of corn hybrids lie behind the lines of the word in the minds of Pivnichny Stepu]. *Ahrarni innovatsii*, 26, 63–70. <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2024.26.9> [in Ukrainian].
  8. Bazylenko, Ye.O., & Marchenko, T.Iu. (2024). Indeksy urozhainosti ta efektyvnoi produktyvnosti u hibrydiv kukurudzy riznykh hrup FAO za riznykh strokiv sivby u pivnichnomu stepu Ukrainy [Yield and effective productivity indices of corn hybrids of different FAO groups for different lines in the steppe of Ukraine]. *Tavriiskiyi naukoviy visnyk*, 136(1), 30–40. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.1.5> [in Ukrainian].
  9. Zabarniy, O. S., & Zabarna, T. A. (2023). Formuvannya produktyvnosti hibrydiv ripaku ozymoho zalezno vid shyryny mizhriad [The formation of the productivity of winter ripaku hybrids depends on the width of the inter-row]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*, 5(105), [https://doi.org/10.31548/dopovidi5\\_105.2023.008](https://doi.org/10.31548/dopovidi5_105.2023.008) [in Ukrainian].
  10. Stavyskiy, A.A., & Pelykh, S.O. (2023). Produktivnist ripaku ozymoho zalezno vid sortovykh osoblyvostei [Productivity of winter rapeseed depending on varietal characteristics]. *Honcharivski chytannia: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, prysviachenoi 94-richchiu z dnia narodzhennia doktora silskohospodarskykh nauk, profesora Honcharova Mykola Dem'ianovycha*. Sumy, 138 [in Ukrainian].
  11. Zabarniy, O. S., & Zabarna, T. A. (2024). Osoblyvosti dohliadu za posivamy ripaku ozymoho u vesniani period [Peculiarities of winter rapeseed crop care in the spring]. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 1(32), 50–61. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-1-5> [in Ukrainian].
  12. Tkachuk, O.P., Razanov, S.F., & Banul, S.O. (2024). Naukovi pryntsyipy pidboru sortiv i hibrydiv ripaku ozymoho [Scientific principles of selection of varieties and hybrids of winter rapeseed]. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnychkh nauk*, 7, 175–181. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.19> [in Ukrainian].
  13. Donets, A.O. (2013). Productivity of winter rapeseed depending on the varietal composition, plant density and mineral nutrition background [Produktivnist ripaku ozymoho zalezno vid sortovoho skladu, hustoty stoiania roslyn ta fonu mineralnoho zhyvlennia]. *Zroshuvane zemlerobstvo*, 60, 121–124 [in Ukrainian].
  14. Lavrynenko, Yu. O., Vlashchuk, A. M., & Shapar, L. V. (2016). Urozhainist nasinnia ta ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannya sortiv ripaku ozymoho zalezno vid strokiv sivby ta norm vysivu v umovakh Pivdnia Ukrainy [Seed yield and economic efficiency of growing winter

- rapeseed varieties depending on sowing dates and seeding rates in the conditions of Southern Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 96, 79–86 [in Ukrainian].
15. Matsera, O.O. (2017). Formuvannia ploshchi lystovoi poverkhni ta fotosyntetichnoho potentsialu roslyn ozymoho ripaku zalezno vid stroku posivu ta systemy udobrennia [Formation of leaf surface area and photosynthetic potential of winter rapeseed plants depending on sowing date and fertilization system]. *Zbirnyk naukovykh prats VNAU: Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 6(1), 55–62 [in Ukrainian].
  16. Kaur, K., Kumar, S., & Bhagat, V. (2022). Performance of Gobhi season (*Brassica napus* L.) as influenced by different date of sowing and nitrogen levels under irrigated condition of central Punjab. *Journal of Oilseed Brassica*, 13(2), 153–157.
  17. Xie, Z., Kong, J., & Tang, M. (2023). Modelling Winter Rapeseed (*Brassica napus* L.) Growth and Yield under Different Sowing Dates and Densities Using AquaCrop Model. *Agronomy*, 13(2), 367. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020367>.
  18. Panchyshyn, V.Z., Stotska, S.V., & Zhurybida, D.R. (2023). Nasinnieva produktyvnist ripaku ozymoho zalezno vid udobrennia ta stroku posivu v umovakh Polissia Ukrainy [Seed productivity of winter rapeseed depending on fertilization and sowing date in the conditions of Polissya, Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 130, 169–176. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.25> [in Ukrainian].
  19. Domaratskyi, Ye.O. (2018). Pozakorenevi azotni pidzhyvlennia ta ristrehuliuiuchi preparaty yak faktory formuvannia fotosyntetichnoho potentsialu roslyn ripaku ozymoho [Foliar nitrogen fertilization and growth regulators as factors in the formation of the photosynthetic potential of winter rapeseed plants]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 101, 22–28 [in Ukrainian].
  20. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2013). *Statystychnyi analiz rezul'tativ polovokh doslidiv u zemlerobstvi* [In Statistical analysis of field experiment results in agriculture]. Kherson: Ailant, 381 [in Ukrainian].
  21. Ushkarenko, V.A., Nikishenko, V.L., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2008). *Dyspersiini i koreliatsiini analiz u zemlerobstvi i roslynnytstvi* [Dispersion and correlation analysis in agriculture and crop production]. Kherson: Ailant, 272 [in Ukrainian].
  22. DSTU 4966:2008. (2010). *Nasinnia ripaku dlia promyslovoho pereroblennia* [Rapeseed seeds for industrial processing]. [Chynnyi vid 2010-07-01]. Vyd. ofits. Kyiv : Derzhspozhyvstandart Ukrainy.
  23. Khan, S., Anwar, S., Kuai, J., Ullah, S., Fahad, S., & Zhou, G. (2017). Optimization of nitrogen rate and planting density for improving yield, nitrogen use efficiency, and lodging resistance in Oilseed Rape. *Frontiers in Plant Science*. 8. 532 <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00532>.
  24. Raey, Y., & Ghassemi-Golezani, K. (2009). Yield density relationship for potato (*Solanum tuberosum*) and common bean (*Phaseolus vulgaris*) in intercropping. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 37, 141–147.
  25. Li, Y.S. et al. (2014). High planting density benefits to mechanized harvest and nitrogen application rates of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Soil Science and Plant Nutrition*, 60, 384–392. <https://doi.org/10.1080/00380768.2014.895417>.
  26. Wang, J.K., Wu, M.L., Ren, S.G., & Tang, C.Z. (2011). Kinematic and dynamic analysis on reciprocating cutters cutting mechanism for rape harvester. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 27, 190–194.
- Булах А.О. Урожайність ріпаку озимого залежно від елементів агротехнології в умовах Західного Лісостепу України**
- Мета статті** – проаналізувати результати досліджень щодо розробки та вдосконалення елементів технології вирощування ріпаку озимого в умовах Західного Лісостепу України та визначення оптимальних параметрів агротехніки для забезпечення максимальної насінневої продуктивності культури. **Методи та матеріали досліджень:** польовий, математико-статистичний, розрахунково-порівняльний. **Результати.** Рівень врожайності залежав від строків сівби. Максимальна врожайність зафіксована у гібриду Темпо за сівби 26.08, у гібриду ДК Іммінент максимальна врожайність спостерігалась за сівби 02.09, а у гібриду Арканзас максимальна врожайність у досліді спостерігалась за сівби 20.08. За результатами проведених досліджень встановлено, що середньоранній гібрид Арканзас максимальну врожайність насіння показав за сівби 20.08 норми висіву насіння 540 тис. сх. нас./га – 4,41 т/га. Середньостиглий гібрид ДК Іммінент максимальну урожайність насіння показав за сівби 02.09 та норми висіву насіння рослин 540 тис. сх. нас./га – 4,33 т/га. Середньопізній гібрид Темпо максимальну врожайність насіння показав, у середньому за два вегетаційних років, за сівби 26.08 та норми висіву насіння 540 тис. сх. нас./га – 4,43 т/га. Мінімальна вологість 7,3% спостерігалась у гібриду Арканзас за сівби 20.08 та норми висіву насіння 350 тис. сх. нас./га. Мінімальна вологість насіння спостерігається за норми висіву насіння 350 тис. сх. нас./га – 7,3%, максимальна вологість за норми висіву насіння 700 тис. сх. нас./га – 10,3%. Строк сівби не мав істотного впливу на вологість насіння. **Висновки.** За результатами проведених досліджень встановлено, що середньоранній гібрид Арканзас максимальну врожайність насіння показав за сівби 20.08 – 4,41 т/га, середньостиглий гібрид ДК Іммінент максимальну урожайність насіння показав за сівби 02.09 та норми висіву насіння 540 тис. сх. нас./га – 4,33 т/га. Середньопізній гібрид Темпо максимальну врожайність насіння показав у середньому за два вегетаційні роки за сівби 26.08 та норми висіву насіння 540 тис. сх. нас./га – 4,43 т/га. Показники вологості насіння переважно залежать від густоти стояння рослин. Мінімальна вологість (7,3%) спостерігалась у гібриду Арканзас за сівби 20.08 та норми висіву насіння 350 тис. сх. нас./га. За іншими показниками якості насіння відповідає ДСТУ 4966:2008 і відноситься до I класу. Таким чином, норми висіву насіння, строк сівби та генотип суттєво впливає на врожайність і вологість насіння ріпаку озимого, що дозволяє регулювати фізіологічні потреби рослин і, таким чином, удосконалювати технологію вирощування.
- Ключові слова:** ріпак озимий, гібрид, строк сівби, норма висіву насіння, урожайність, вологість насіння.

**Bulakh A.O. Yield of winter rape depends on elements of agricultural technology in the conditions of the Western Forest-Step of Ukraine**

**Goal** – analyze the results of research on the development and improvement of elements of the technology for growing winter rapeseed in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine and determine the optimal parameters of agricultural technology to ensure maximum seed productivity of the crop. **Methods** – field, mathematical-statistical, computational-comparative. **Results.** The yield level depended on the sowing dates. The maximum yield was recorded in the Tempo hybrid when sowing on 26.08, in the DK Imminent hybrid the maximum yield was observed when sowing on 02.09, and in the Arkansas hybrid the maximum yield in the experiment was observed when sowing on 20.08. According to the results of the conducted studies, it was found that the medium-early Arkansas hybrid showed the maximum seed yield when sowing on 20.08, the seed sowing rate of 540 thousand. s. plants/ha – 4.41 t/ha. The medium-ripe DK Imminent hybrid showed the maximum seed yield when sowing on 02.09 and the seed sowing rate of 540 thousand. s. plants/ha – 4.33 t/ha. The medium-late hybrid Tempo showed maximum seed yield, on average for two growing years, for sowing on 26.08 and seed sowing rates of 540 thousand. s. plants/ha – 4.43 t/ha. The minimum moisture content of 7.3% was observed in the hybrid Arkansas for sowing on

20.08 and seed sowing rates of 350 thousand. s. plants/ha. The minimum seed moisture content is observed for seed sowing rates of 350 thousand. s. plants/ha – 7.3%, the maximum moisture content for seed sowing rates of 700 thousand. s. plants/ha – 10.3%. The sowing date had no significant effect on seed moisture content. **Conclusions.** According to the results of the conducted research, it was found that the medium-early hybrid Arkansas showed the maximum seed yield for sowing on 20.08 – 4.41 t/ha, the medium-ripe hybrid DK Imminent showed the maximum seed yield for sowing on 02.09 and seed sowing rates of 540 thousand sq. plants/ha – 4.33 t/ha. The medium-late hybrid Tempo showed the maximum seed yield on average for two growing years for sowing on 26.08 and seed sowing rates of 540 thousand sq. plants/ha – 4.43 t/ha. Seed moisture indicators mainly depend on the plant density. The minimum moisture (7.3%) was observed in the Arkansas hybrid for sowing on 20.08 and seed sowing rates of 350 thousand sq. plants/ha. According to other indicators of seed quality, it complies with DSTU 4966:2008 and belongs to class I. Thus, seed sowing rates, sowing date and genotype significantly affect the yield and moisture content of winter rapeseed, which allows you to regulate the physiological needs of plants and, thus, improve the cultivation technology.

**Key words:** winter rapeseed, hybrid, sowing date, plant density, yield, seed moisture.

Дата першого надходження статті до видання: 07.04.2026  
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026  
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026



## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КЛОПА ЕНТОМОФАГА МАКРОЛОФУС КАЛІГІНОЗУС (*MACROLOPHUS CALIGINOSUS*) ДЛЯ КОНТРОЛЮ ШКІДНИКІВ ТОМАТІВ В УМОВАХ ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ ЗА РЕЖИМУ КРАПЕЛЬНОГО ЗРОШЕННЯ

**ВЕРГЕЛЕС П.М.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент,  
[orcid.org/0000-0002-4101-1465](https://orcid.org/0000-0002-4101-1465)

Вінницький національний аграрний університет

**ГУМЕНЮК О.В.** – аспірант

[orcid.org/0009-0000-5187-2739](https://orcid.org/0009-0000-5187-2739)

Вінницький національний аграрний університет

**Постановка проблеми.** При вирощуванні томатів в умовах закритого ґрунту завжди виникає питання контролю за шкідниками. Особливо актуальним залишається контроль фітофагів томатів з огляду на стабільність мікроклімату теплиць, більш короткого періоду плодозміни та специфіки у можливості застосування лінійки інсектицидів без загрози забруднення вирощеної продукції [4, 26].

Застосування ентомофагів є ключовим елементом інтегрованих систем захисту рослин (ІСЗР) при вирощуванні томатів у теплицях, забезпечуючи ефективну та екологічно безпечну альтернативу хімічному захисту. Численні дослідження показали, що біологічні агенти здатні підтримувати чисельність шкідників нижче економічного порогу шкодочинності, одночасно зменшуючи використання пестицидів і пов'язані з цим ризики [8, 11, 21, 27]. У добре керованих тепличних системах біологічний захист дозволяє знизити використання пестицидів на 60–100%, що сприяє підвищенню безпечності продукції, зменшенню забруднення довкілля та зниженню ризику розвитку резистентності у шкідників [10, 13, 25, 28].

Незважаючи на ці переваги, існують певні обмеження, зокрема вищі початкові витрати, потреба в регулярному моніторингу та спеціалізованих знаннях, а також потенційна чутливість ентомофагів до несприятливих умов середовища. Водночас сучасні стратегії ІСЗР, що поєднують різні види ентомофагів, дозволяють формувати стійкі агроєкосистеми з високим рівнем біологічної регуляції чисельності шкідників [5–8, 24].

Слід відмітити, що серед найбільш поширених паразитоїдів *Encarsia formosa* демонструє високу ефективність у контролі тепличної білокрилки (*Trialeurodes vaporariorum*), забезпечуючи зниження її чисельності на 80–95% за профілактичного внесення або на ранніх стадіях заселення [9, 11, 22]. Аналогічно, хижий кліщ *Phytoseiulus persimilis* є високоефективним проти павутинного кліща (*Tetranychus urticae*), забезпечуючи швидке зниження чисельності завдяки високій інтенсивності живлення та репродуктивній здатності [10, 12, 14, 15].

Поліфаги, такі як *Macrolophus pygmaeus* та *Nesidiocoris tenuis*, відіграють важливу роль у контролі широкого спектра шкідників, включаючи білокрилок, трипсів, попелиць і яйця лускокрилих [8, 11, 13, 28]. Хижий кліщ *Amblyseius swirskii* широко

застосовується для контролю трипсів і білокрилки, особливо в умовах підвищених температур у теплицях [10, 17–18].

Серед вказаних ентомофагів чільне місце в системах біологічного захисту омнатів відіграє *Macrolophus caliginosus* – поліфагичний ентомофаг, який широко застосовується у тепличних агроценозах для контролю комплексу шкідників томата, зокрема білокрилки, попелиць, трипсів і кліщів [8, 13, 19–20].

У тепличних умовах встановлено, що цей хижак ефективно знижує чисельність білокрилки (*Bemisia tabaci*, *Trialeurodes vaporariorum*), досягаючи до 80% редукції популяції за достатньої щільності внесення [17, 20, 23]. Біологічна ефективність при використанні макролофуса в співвідношенні «ентомофаг : шкідник» близько 1:20 може становити 64,7–71,5% вже на 14–21 добу [21]. Завдяки високій хижій активності (до ~6 особин здобичі на добу) та швидкому розмноженню, він забезпечує стабільний контроль популяцій [22].

Разом із тим, слід зауважити, що ефективність даного ентомофага значною мірою залежить від факторів середовища, таких як температура, вологість і наявність кормової бази, а також від термінів, кратності та чисельності його застосування [29].

Виходячи з окреслених вище тверджень, актуальним залишаються питання вивчення впливу чисельності та строків застосування у фенологічному розвитку томата в умовах тепличного його вирощування в основні критичні фази шкодо чинності основних представників фітофагового ентомокомплексу. Саме ці завдання і стали ціллю нашого дослідження за вирощування томата в умовах захищеного ґрунту за режиму крапельного зрошення.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження проводились впродовж 2024–2025 рр. в умовах ТОВ «ОВОЧЕВИЙ КОМБІНАТ СТАНИШІВКА» (Житомирська обл. Житомирський р-н с. Станишівка). Загальна площа теплиці 6 га. Томат вирощують в другому культуробороті на мінеральній ваті, застосовуючи крапельне зрошення. Посадку розсади томату проведено 24 червня. Схема посадки 2,5 рослини на м<sup>2</sup>. У дослідженнях використано гібрид Лілос.

Досліджувалась ефективність застосування ентомофага Макролофус калігінозус (*Macrolophus caliginosus*) проти комплексу шкідників томатів в умовах закритого ґрунту. Схема досліду представлена у таблиці 1.





Таблиця 1

**Дослідження ефективності застосування Макролофус калігінозус (*Macrolophus caliginosus*) за різних варіантів чисельності на фенофазу 6–8 листків на головному пагоні (ВВСН 38–40), 2024–2025 рр.**

| Варіант чисельності (чинник А)              |
|---------------------------------------------|
| без застосування (контроль) ( $A_1$ )       |
| до 2-х особин на 1 м <sup>2</sup> ( $A_2$ ) |
| 2–4 особин на 1 м <sup>2</sup> ( $A_3$ )    |
| 4–6 особин на 1 м <sup>2</sup> ( $A_4$ )    |

Для досліджень було використано підготовлені біологічні партії ентомофага від компанії ТОВ Біозахист. Застосована фасовка формувалась розрахунковим методом відповідно до визначеної чисельності у варіанті для розселення в об'ємі 100 мл пляшка на субстраті деревної стружки (рис. 1).

Для застосування різних варіантів чисельності застосування ентомофага було використано систему ізованих блоків у межах тепличної площі де культивувались томати в умовах господарства відповідно до загальноприйнятих рекомендацій дослідів з вивчення чисельних параметрів біологічних популяцій в овочівництві [1].

Для оптимального заселення шкідника випуск здійснювався у вечірні часи при закритих фрамугах вентиляції за дотримання температури в діапазоні 25–27°C за відносної вологості повітря 70–75%. Відразу ж з Макролофусом розсипався корм MAC FOOD + в кількості 1–2 г на рослину в місцях внесення Макролофуса і на верхніх ярусах листя, щоб Макролофус відкладав яйця поблизу джерела їжі (вогнище шкідника або підживлення).

Коротко про біологію та етіологію ентомофага [5, 7, 19, 20]. *Macrolophus caliginosus* (рис. 2) – поліфагічний хижий клоп родини Miridae, що широко використовується як ентомофаг у тепличних агроценозах. Розвиток неповний (яйце → 5 віків німф → імаго) і триває в середньому 20–30 діб залежно від температури. Оптимальні умови розвитку становлять 20–25 °C і відносна вологість 60–70%. Самки відкладають яйця в тканини рослин, що забезпечує їх захист від зовнішніх факторів. Вид характеризується поліфагією: живиться білокрилками, трипсами, попелицями, яйцями лускокрилих і кліщами.

Найвищу хижу активність проявляють німфи IV–V віків, тоді як дорослі особини характеризуються дещо нижчим рівнем споживання корму. За добу один індивід здатний знищити до 40 дорослих особин попелиць, а щодо білокрилки ефективність є ще вищою. Протягом життєвого циклу одна особина *Macrolophus caliginosus*



Рис. 1. Клоп *Macrolophus caliginosus* на дерев'яній стружці та тара фасування ентомофага



Рис. 2. Клоп-поліфаг *Macrolophus caliginosus* на листках томата в умовах теплиці, 2024

може спожити близько 3200 яєць або до 2500 личинок білокрилки. Розвиток німф починається вже за температури близько +15 °C і мало залежить від рівня вологості повітря. Ембріональна стадія триває 14–21 добу, тоді як німфальний розвиток (п'ять віків) – приблизно 18–25 діб залежно від температурного режиму. Тривалість життя самок може досягати 54 діб (у середньому близько 30), тоді як самці живуть приблизно 27 діб. Повний цикл розвитку покоління займає 37–43 дні. Репродуктивний потенціал варіює в широких межах – від 24 до 117 яєць, зазвичай становлячи 50–80. В одній кладці відкладається, як правило, до 7–8 яєць. За оптимального живлення (білокрилка, яйця *Ephesia kuehniella*) вихід із яєць становить близько 79%, а виживання німф – до 85%.

За дефіциту тваринної їжі здатний переходити до факультативної фітофагії, споживаючи соки рослин, що сприяє виживанню популяції в умовах низької чисельності шкідників. Екологічно вид добре адаптований до тепличних умов, формує стабільні популяції та здатний до тривалого існування в агроценозі. Висока рухливість, репродуктивна здатність і широкий спектр живлення зумовлюють його ефективність у біологічному контролі шкідників томата.

Основні спостереження та обліки передбачені завданнями та програмою дослідів, а також базовий моніторинг чисельності шкідників – бази живлення *Macrolophus caliginosus* з врахуванням їх специфіки для умов закритого ґрунту проводили відповідно до стандартизованих методик в овочівництві [1–3]. При цьому чисельність шкідливого ентомокомплексу томатів проводили в період до розподілу варіантів дослідів на окремі блоки з різною чисельністю застосування клопа-поліфага *Macrolophus caliginosus* відповідно до варіанту дослідів.

Для розрахунку біологічної ефективності пестицидів, використовували формулу Аббота [1]. Ця формула інтегрує вплив факторів, що визначають природну смертність у контролі:

$$E = 100 (K - O) / K,$$

де E – ефективність, виражена відсотком зниження чисельності шкідника з поправкою на контроль;

K – кількість живих особин у контролі у даний термін обліку;

O – кількість живих особин у досліді в даний термін.

Для статистичної обробки результатів застосовано стандартну схему дисперсійного аналізу з калькуляцією показника найменшої істотної різниці для рівня значимості  $p < 0,05$  [3].

**Результати досліджень.** По результатах моніторингу чисельності потенційних об'єктів контролю ентомофага клопа *Macrolophus caliginosus* (відповідно до [6]) за період досліджень виявили загальний видовий перелік шкідників представлений у табл. 2. За два роки оцінок в умовах тепличного господарства загальний рівень коливання чисельності оранжерейної попелиці (*Myzus persicae* Sulz.) у виразі коефіцієнту варіації становив 25,2%, баштанної попелиці (*Aphis gossypii* Glov.) 18,5%, тепличної білокрилки (*Inaleurodes vaporariorum* Westw.) 31,1%, тютюнового трипса (*Thrips tabaci* Lmd.) 35,6% та звичайного павутинного кліща (*Tetranychus urticae* Koch.) 22,4%. З огляду на міжрічну варіативність, визначені умови загрози поширеності окремих шкідників томатів в умовах закритого ґрунту за показником перевищення рівнів ЕПШ [8, 10, 14, 17, 20, 24] та враховуючи відносну стабільність кліматичних параметрів виробничих секцій теплиць в господарстві зростання потенційної шкодочинності потенційних об'єктів контролю ентомофага клопа *Macrolophus caliginosus* було розміщено у такому порядку зростання: баштанна попелиця (*Aphis gossypii* Glov.) – тютюновий трипс (*Thrips tabaci* Lmd.) – звичайний павутинний кліщ (*Tetranychus urticae* Koch.) – оранжерейна попелиця (*Myzus persicae* Sulz.) – теплична білокрилка (*Inaleurodes vaporariorum* Westw.).

Оцінка застосованих варіантів чисельності клопа ентомофага *Macrolophus caliginosus* засвідчила істотно

Таблиця 2

**Видова структура шкідників томатів потенційних об'єктів контролю ентомофага клопа *Macrolophus caliginosus* в умовах ТОВ «ОВОЧЕВИЙ КОМБІНАТ СТАНИШІВКА», 2023–2025 рр.**

| Шкідник                                                           | ЕПШ [2]                                  | Середня чисельність (±SD) |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------|
| Ряд Рівнокрилі Homoptera Родина афіди Aphididae                   |                                          |                           |
| Оранжерейна попелиця ( <i>Myzus persicae</i> Sulz.)               | 10 особин на лист                        | 16,3 ± 4,1                |
| Баштанна попелиця ( <i>Aphis gossypii</i> Glov.)                  | 10 особин на лист                        | 2,7 ± 0,5                 |
| Ряд Рівнокрилі Homoptera Родина Білокрилки Aleurodidae            |                                          |                           |
| Теплична білокрилка ( <i>Inaleurodes vaporariorum</i> Westw.)     | 10 особин різних стадій розвитку на лист | 23,8 ± 7,4                |
| Ряд Трипси Thripidae Родина Війчастокрилі Thysanoptera            |                                          |                           |
| Тютюновий трипс ( <i>Thrips tabaci</i> Lmd.)                      | 5 особин на лист                         | 5,9 ± 2,1                 |
| Ряд акариформні Acarioformes Родина павутинні кліщі Tetranychidae |                                          |                           |
| Звичайний павутинний кліщ ( <i>Tetranychus urticae</i> Koch.)     | 10 особин на лист                        | 14,3 ± 3,2                |

\* – показник міжрічного стандартного відхилення.

відмінну ефективність на різних ентомологічних об'єктах контролю з обліком їх чисельності на фенологічну фазу повного формування плодів (BBCH 77–80), що позитивно співвідносилось з періодом активної фази життєдіяльності шкідника в.

Так, з позиції чисельності оранжерейної попелиці (*Myzus persicae* Sulz.) (Табл. 3) застосування клопа ентомофага *Macrolophus caliginosus* було у всіх варіантах чисельності ефективним порівняно з контролем.

При цьому, відмічено поступове зростання біологічної ефективності такого заходу в міру зростання експозиційної чисельності ентомофага. У підсумку в середньому за період досліджень за чисельності ентомофага до 2-х особин на 1 м<sup>2</sup> біологічна ефективність становила 29,76%, за чисельності 2–4 особин на 1 м<sup>2</sup> 47,10%, а за чисельності 4–6 особин на 1 м<sup>2</sup> – 61,56%. Вказані значення рівнів ефективності позитивно співвідносяться з аналогічними оцінками за тепличного вирощування томатів де біологічна ефективність застосування *Macrolophus caliginosus* в інтервалі чисельності від 2 до 10 особин/м<sup>2</sup> у випадку обліку різних видів попелиць становила інтервал від 27 до 63% залежно від типу теплиці та особливостей регіону досліджень [6, 12, 16, 17].

Подібні закономірності було встановлено і з позиції контролю чисельності павутинного кліща (*Tetranychus urticae* Koch.) (табл. 4).

При цьому, для даного шкідника ефективність застосування клопа *Macrolophus caliginosus* була мінімальною проте динамічно зростаючою за послідовного

збільшення експозиційної чисельності ентомофага. У середньому за період досліджень за чисельності ентомофага до 2-х особин на 1 м<sup>2</sup> біологічна ефективність становила 11,97%, за чисельності 2–4 особин на 1 м<sup>2</sup> 22,39%, а за чисельності 4–6 особин на 1 м<sup>2</sup> – 30,52%. Слід зауважити, що з позиції ряду узагальнень [5, 8, 16, 24] павутинний кліщ у системі циклу живлення клопа *Macrolophus caliginosus* є специфічним об'єктом контролю біологічна ефективність якого за тривалим періодом оцінок вкладалась в інтервал 21–40% за чисельності ентомофага в інтервалі 2–5 особин/м<sup>2</sup>. Результати наших досліджень засвідчили, що досягнення максимального порогу визначеного інтервалу можна досягти лише за експозиційної чисельності ентомофага на рівні 4–6 особин/м<sup>2</sup>. Такі результати можна також пояснити певними вимогами у структурі видового живлення клопа *Macrolophus caliginosus* за наявності полівидової структури шкідливого ентомокомплексу томатів. Так, відмічено [4, 6, 10, 14, 30], що за наявності білокрилки, трипсів та попелиць ентомофаг перевагу надає яйцям білокрилки а вже потім послідовно трипсам, попелицям та павутинному кліщу. Подібна закономірність була виявлена в нашому випадку, що узгоджується з результатами ефективності біологічного контролю тепличної білокрилки (*Inaleurodes vaporariorum* Westw.) за використання клопа ентомофага *Macrolophus caliginosus* (табл. 5).

Знову ж таки, в середньому виразі за період досліджень за чисельності ентомофага до 2-х особин на

Таблиця 3

**Ефективність контролю чисельності оранжерейної попелиці (*Myzus persicae* Sulz.) за використання клопа ентомофага *Macrolophus caliginosus* при вирощуванні томатів гібриду Лілос на крапельному зрошенні в умовах закритого ґрунту, 2024–2025 рр.**

| Варіант системи захисту     |                                                     | Облікова чисельність шкідника, особин різних стадій розвитку шт./лист* |            | Біологічна ефективність варіанту застосування, %* |              |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------|--------------|
|                             |                                                     | 2024 р.                                                                | 2025 р.    | 2024 р.                                           | 2025 р.      |
| 1                           | Без застосування (контроль) (A <sub>1</sub> )       | 17,2 ± 5,7                                                             | 15,4 ± 3,8 | –                                                 | –            |
| 2                           | до 2-х особин на 1 м <sup>2</sup> (A <sub>2</sub> ) | 12,1 ± 1,7                                                             | 10,8 ± 1,4 | 26,65 ± 7,08                                      | 29,87 ± 5,79 |
| 3                           | 2–4 особин на 1 м <sup>2</sup> (A <sub>3</sub> )    | 9,6 ± 1,5                                                              | 7,7 ± 1,8  | 44,19 ± 9,18                                      | 50,00 ± 7,25 |
| 4                           | 4–6 особин на 1 м <sup>2</sup> (A <sub>4</sub> )    | 7,3 ± 0,9                                                              | 6,2 ± 1,5  | 63,37 ± 5,22                                      | 59,74 ± 3,18 |
| HIP <sub>05</sub> , шт. (%) |                                                     | 0,9                                                                    | 0,7        | 1,17                                              | 1,53         |

\* – за результатами обліку на фазу формування плодів томата (BBCH 77–80).

Таблиця 4

**Ефективність контролю чисельності павутинного кліща (*Tetranychus urticae* Koch.) за використання клопа ентомофага *Macrolophus caliginosus* при вирощуванні томатів гібриду Лілос на крапельному зрошенні в умовах закритого ґрунту, 2024–2025 рр.**

| Варіант системи захисту     |                                                     | Облікова чисельність шкідника, особин різних стадій розвитку шт./лист* |            | Біологічна ефективність варіанту застосування, %* |              |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------------------------------------|--------------|
|                             |                                                     | 2024 р.                                                                | 2025 р.    | 2024 р.                                           | 2025 р.      |
| 1                           | Без застосування (контроль) (A <sub>1</sub> )       | 15,5 ± 2,1                                                             | 13,1 ± 2,7 | –                                                 | –            |
| 2                           | до 2-х особин на 1 м <sup>2</sup> (A <sub>2</sub> ) | 13,8 ± 1,4                                                             | 11,4 ± 2,1 | 11,00 ± 5,13                                      | 12,98 ± 4,71 |
| 3                           | 2–4 особин на 1 м <sup>2</sup> (A <sub>3</sub> )    | 11,4 ± 1,2                                                             | 10,7 ± 1,9 | 26,45 ± 7,09                                      | 18,32 ± 3,85 |
| 4                           | 4–6 особин на 1 м <sup>2</sup> (A <sub>4</sub> )    | 10,3 ± 0,9                                                             | 9,9 ± 1,7  | 33,55 ± 4,28                                      | 24,43 ± 3,02 |
| HIP <sub>05</sub> , шт. (%) |                                                     | 1,1                                                                    | 1,3        | 1,41                                              | 1,37         |

Таблиця 5

Ефективність контролю чисельності тепличної білокрилки (*Inaleurodes vaporariorum* Westw.) за використання клопа ентомофага *Macrolophus caliginosus* при вирощуванні томатів гібриду Лілос на крапельному зрошенні в умовах закритого ґрунту, 2024–2025 рр.

| Варіант системи захисту    |                                                     | Облікова чисельність шкідника, особин різних стадій розвитку шт./лист |            | Біологічна ефективність варіанту застосування, % |              |
|----------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------|--------------|
|                            |                                                     | 2024 р.                                                               | 2025 р.    | 2024 р.                                          | 2025 р.      |
| 1                          | Без застосування (контроль) (A <sub>1</sub> )       | 18,7 ± 3,5                                                            | 28,9 ± 2,2 | –                                                | –            |
| 2                          | до 2-х особин на 1 м <sup>2</sup> (A <sub>2</sub> ) | 9,1 ± 1,9                                                             | 14,3 ± 1,7 | 51,34 ± 3,22                                     | 50,52 ± 3,07 |
| 3                          | 2–4 особин на 1 м <sup>2</sup> (A <sub>3</sub> )    | 3,8 ± 1,5                                                             | 4,6 ± 1,4  | 79,70 ± 5,11                                     | 84,10 ± 2,89 |
| 4                          | 4–6 особин на 1 м <sup>2</sup> (A <sub>4</sub> )    | 2,4 ± 1,1                                                             | 3,5 ± 1,3  | 85,56 ± 3,19                                     | 87,89 ± 1,98 |
| HIP <sub>05</sub> , шт.(%) |                                                     | 1,1                                                                   | 1,3        | 1,19                                             | 1,25         |

1 м<sup>2</sup> біологічна ефективність щодо контролю тепличної білокрилки становила 41,05%, за чисельності 2–4 особин на 1 м<sup>2</sup> 68,67%, а за чисельності 4–6 особин на 1 м<sup>2</sup> – 78,74%. Тобто з позиції контролю саме даного виду шкідника за вирощування томатів в умовах закритого ґрунту ефективність ентомофага була максимальною.

При цьому слід зауважити, що з огляду на загальний ефективний вплив на всі визначені видові об'єкти оцінки фітофагів томатів в умовах дослідів загальна біологічна ефективність застосування клопа ентомофага *Macrolophus caliginosus* становила у середньому по варіантах дослідів та об'єктах контролю чисельності істотні відмінності у розрізі застосованої експозиційної чисельності ентомофага.

Так, за чисельності ентомофага до 2-х особин на 1 м<sup>2</sup> біологічна ефективність щодо контролю означеного в оцінці дослідів комплексу фітофагів становила 30,90%, за чисельності 2–4 особин на 1 м<sup>2</sup> 50,45%, а за чисельності 4–6 особин на 1 м<sup>2</sup> – 60,0%.

**Висновок.** Таким чином, застосування клопа ентомофага *Macrolophus caliginosus* за вирощування томатів в умовах закритого ґрунту при застосуванні режиму краплинного зрошення дозволяє забезпечити достатньо високий рівень біологічної ефективності контролю чисельності таких шкідників як звичайний павутинний кліщ (*Tetranychus urticae* Koch.), оранжерейна попелиця (*Myzus persicae* Sulz.) та теплична білокрилка (*Inaleurodes vaporariorum* Westw.) з максимальним досяжною сукупною біологічною ефективністю на рівні 60,0% за експозиційної чисельності даного ентомофага на рівні 4–6 особин/м<sup>2</sup> при заселенні агрофітоценозу на фенофазу 6–8 листків на головному пагоні томату (ВВСН 38–40).

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Бондаренко Г.Л. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / За редакцією Г.Л. Бондаренка, К.І. Яковенка. Х.: Основа, 2001. 369 с.
- Мельничук Ф. С. Контроль чисельності шкідників томатів за умов краплинного зрошення. *Меліорація і водне господарство*. 2018. № 2. С. 53–58.
- Покозій Й.Т., Писаренко В.М., Довгань С.В. Моніторинг шкідників сільськогосподарських культур: підручник; за ред. Й. Т. Покозія. К.: Аграрна освіта, 2010. 223 с.
- Agusti N. Forty years of biological control in Mediterranean tomato greenhouses: The story of success. *Israel Journal of entomology*. 2018. Vol. 48. № 2. P. 209–226. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.1486574>
- Alomar O., Riudavets J., Castañe C. *Macrolophus caliginosus* in the biological control of *Bemisia tabaci* on greenhouse melons. *Biological Control*. 2006. Vol. 36. P. 154–162. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.08.010>
- Ardanuy A., Figueras M., Matas M., Arnó J., Agustí N. Banker plants and landscape composition influence colonisation precocity of tomato greenhouses by mirid predators. *Journal of Pest Science*. 2021. Vol. 95. № 1. P. 447–459. <https://doi.org/10.1007/s10340-021-01387-y>
- Arnó J., Ariño J., Español R., Martí M., Alomar O., Albajes R., Sekeroglu E. Conservation of *Macrolophus caliginosus* Wagner (Het. Miridae) in commercial greenhouses during tomato crop-free periods. *Agricultural and Food Sciences, Environmental Science*. 2000. Vol. 7. P. 12–19. <https://doi.org/10.1007/s10526-014-9579-6>
- Barlow N. D. Models in biological control: A field guide. In Hawkins, B. A. and Cornell, H. V. (eds.): Theoretical approaches to biological control. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 2004, 43–68. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511542077>
- Basit A., Ullah F., Akhtar M.R., Humza M., Ghafar M.A., Hyder M., Haq I.U., Hou Y. Transforming Tuta absoluta Management: A Synergistic Approach Integrating Sustainability, Biological Control, and Biotechnological Innovations. *Insects*. 2025. Vol. 16. № 11. 1173. <https://doi.org/10.3390/insects16111173>
- Calvo F. J., Bolckmans K., Belda J. E. Biological control of *Tuta absoluta* in tomato greenhouses by *Macrolophus pygmaeus*. *Crop Protection*. 2012. Vol. 31. № 1. P. 1–7. <https://doi.org/10.57065/shilap.437>
- Calvo F. J., Knapp M., van Houten Y. M., Hoogerbrugge H., Belda J. E. *Amblyseius swirskii*: what made this predatory mite such a successful biocontrol agent?. *Experimental and Applied Acarology*. 2015. Vol. 65. P. 419–433. <https://doi.org/10.1007/s10493-014-9873-0>
- Cáceres R.I., Luna M.G. Campyloneuropsis cincticornis as a potential biological control agent of the South American tomato pinworm *Phthorimaea absoluta*: predation activity, oviposition and relationship with

- solanaceous host plants. *Frontiers in Agronomy*. 2017. Vol. 7. 1635654. <https://doi.org/10.3389/fagro.2025.1635654>
13. Cherif A., Mansour R., Grissa-Lebdi K. Biological control of *Tuta absoluta* through releases of *Trichogramma cacoeciae* parasitoids and *Macrolophus pygmaeus* predators in northeastern *Tunisian greenhouses*. *Biocontrol Science and Technology*. 2023. Vol. 33. № 11. P. 999–1010. <https://doi.org/10.1080/09583157.2023.2269486>
  14. Figueiredo E., Prieto R., Mexia A., Rodrigues S., Costa C.A., Godinho M.C. Mirid bugs as biological control agents in protected tomato crops in the Oeste region. *Acta Horticulturae*. 2012. Vol. 927. P. 253–259. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.927.28>
  15. Gigon V., Camps C., Camps C., Le Corff J. Biological control of *Tetranychus urticae* by *Phytoseiulus macropilis* and *Macrolophus pygmaeus* in tomato greenhouses. *Centre for Human Genetics*. 2016. Vol. 68. P. 55–70. <http://doi.org/10.1007/s10493-015-9976-2>
  16. Hoddle M. S., van Driesche R. G., Sanderson J. P. Biology and use of *Encarsia Formosa*. *Annual Review of Entomology*. 1998. Vol. 43. P. 645–669. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.43.1.645>
  17. Ivezić A., Popović T., Trudić B., Krndija J., Barošević T., Sarajlić A., Stojčić I., Kuzmanović B. Biological Control Agents in Greenhouse Tomato Production (*Solanum lycopersicum* L.): Possibilities, Challenges and Policy Insights for Western Balkan Region. *Horticulturae*. 2025. Vol. 11. № 2. 155. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11020155>
  18. Konan K.A.J., Monticelli L.S., Ouali-N'goran S.-W.M., Ramirez-Romero R., Martin T., Desneux N. Combination of generalist predators, *Nesidiocoris tenuis* and *Macrolophus pygmaeus*, with a companion plant, *Sesamum indicum*: What benefit for biological control of *Tuta absoluta*? *PLoS ONE*. 2021. Vol. 16. № 9. e0257925. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257925>
  19. Kenawy A.H.E., Qaseem R.M., Soliman M.M.M., Harairy A.El., El-Sheikh W.E.A. Predation Response of *Macrolophus caliginosus* Wagner (Hemiptera: Heteroptera: Miridae) Across Multiple Prey Density Levels of *Aphis craccivora* Under Fixed Temperature Conditions. *Journal of Crop Health*. 2025. Vol. 77. 195. <https://doi.org/10.1007/s10343-025-01260-3>
  20. Lucas E., Alomar O. Impact of *Macrolophus caliginosus* presence on damage production by *Dicyphus tamaninii* (Heteroptera: Miridae) on tomato fruits. *Journal of Economic Entomology*. 2002. Vol. 95. № 6. P. 1123–1129. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-95.6.1123>
  21. Lykouressis D.P., Perdakis D.C., Gaspari M.D. Prey preference and biomass consumption of *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae) fed *Myzus persicae* and *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae). *EJE*. 2007. Vol. 104. № 2. P. 199–204. <https://doi.org/10.14411/eje.2007.031>
  22. Matioli T.F., da Silva M. R., de Bastos Pazini J., Barroso G., Vieira J.G.A., Yamamoto P.T. Risk Assessment of Insecticides Used in Tomato to Control Whitefly on the Predator *Macrolophus basicornis* (Hemiptera: Miridae). *Insects*. 2021. Vol. 12. № 12. 1092. <https://doi.org/10.3390/insects12121092>
  23. McMurtry J. A., De Moraes G. J., Sourassou N. F. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites, including *Phytoseiulus persimilis*. *Systematic and Applied Acarology*. 2013. Vol. 18, № 4. P. 297–320. <https://doi.org/10.11158/saa.18.4.1>
  24. Moerkens R., Berckmoes E., Van Damme V., Wittemans L., Tirry L., Casteels H., De Vis R. Inoculative release strategies of *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Hemiptera: Miridae) in tomato crops: population dynamics and dispersal. *Journal of plant diseases and protection*. 2017. Vol. 124. № 3. P. 295–303. <https://doi.org/10.1007/s41348-017-0077-9>
  25. Nannini M., Foddi F., Murgia G., Pesci R., Sanna F. Natural enemies for tomato pest control in sardinian greenhouses. *Acta Horticulturae*. 2007. Vol. 747. P. 415–423. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.747.52>
  26. Pazyuk I.M., Dolgovskaya M.Y., Reznik S.Y., Musolin D. L. Storing up Treasures: Storage Potential of *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Heteroptera: Miridae) Nymphs for Application in Biological Control. *Insects*. 2024. Vol. 15. № 6. 414. <https://doi.org/10.3390/insects15060414>
  27. Sylla S., Brevault T., Diarra K., Bearez P., Desneux N. Life-History Traits of *Macrolophus pygmaeus* with Different Prey Foods. *PLoS ONE*. 2016. Vol. 11. № 11. hal-01606674. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166610>
  28. Urbaneja A., González-Cabrera J., Arnó J., Gabarra R. Prospects for the biological control of *Tuta absoluta* in tomatoes. *Pest Management Science*. 2012. Vol. 68. № 9. P. 1215–1222. <https://doi.org/10.1002/ps.3344>
  29. van Lenteren J. C. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl*. 2012. Vol. 57. P. 1–20. <https://doi.org/10.1007/s10526-011-9395-1>
  30. Wheeler A.G., Krimmel B.A. Mirid (Hemiptera: Heteroptera) specialists of sticky plants: adaptations, interactions, and ecological implications. *Annual Review of Entomology*. 2015. Vol. 60. P. 393–414. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010814-020932>

## REFERENCES:

1. Bondarenko, H.L. (2001). Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi [Methodology of experimental business in vegetable and melon growing] / Za redaktsiieu H.L. Bondarenka, K.I. Yakovenka. Kh.: Osnova, 369 s. [in Ukrainian].
2. Melnychuk, F. S. (2018). Kontrol chyselnosti shkidnykiv tomativ za umov kraplynnoho zroshennia [Control of tomato pests under drip irrigation]. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo* № 2. S. 53–58. [in Ukrainian].
3. Pokozii, I.T., Pysarenko, V.M., Dovhan, S.V. (2010). Monitorynh shkidnykiv silskohospodarskykh kultur: pidruchnyk [Monitoring of crop pests: a textbook] / [ta in.]; za red. Y. T. Pokozii. K.: Ahrarna osvita, 223 s. [in Ukrainian].
4. Agusti, N. (2018). Forty years of biological control in Mediterranean tomato greenhouses: The story of success. *Israel Journal of entomology*, 48(2), 209–226. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.1486574>
5. Alomar, O., Riudavets, J., Castañe, C. (2006). *Macrolophus caliginosus* in the biological control of *Bemisia tabaci* on greenhouse melons. *Biological Control*, 36, 154–162. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.08.010>

6. Ardanuy, A., Figueras, M., Matas, M., Arnó, J., Agustí, N. (2021). Banker plants and landscape composition influence colonisation precocity of tomato greenhouses by mirid predators. *Journal of Pest Science*, 95(1), 447–459. <https://doi.org/10.1007/s10340-021-01387-y>
7. Arnó, J., Ariño, J., Español, R., Martí, M., Alomar, Ó., Albajes, R., Sekeroglu, E. (2000). Conservation of *Macrolophus caliginosus* Wagner (Het. Miridae) in commercial greenhouses during tomato crop-free periods. *Agricultural and Food Sciences, Environmental Science*, 7, 12–19. <https://doi.org/10.1007/s10526-014-9579-6>
8. Barlow, N. D. (2004). Models in biological control: A field guide. In Hawkins, B. A. and Cornell, H. V. (eds.): Theoretical approaches to biological control. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 43–68. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511542077>
9. Basit, A., Ullah, F., Akhtar, M.R., Humza, M., Ghafar, M.A., Hyder, M., Haq, I.U., Hou, Y. (2025). Transforming Tuta absoluta Management: A Synergistic Approach Integrating Sustainability, Biological Control, and Biotechnological Innovations. *Insects*, 16(11), 1173. <https://doi.org/10.3390/insects16111173>
10. Calvo, F. J., Bolckmans, K., Belda, J. E. (2012). Biological control of *Tuta absoluta* in tomato greenhouses by *Macrolophus pygmaeus*. *Crop Protection*, 31(1), 1–7. <https://doi.org/10.57065/shilap.437>
11. Calvo, F. J., Knapp, M., van Houten, Y. M., Hoogerbrugge, H., Belda, J. E. (2015). *Amblyseius swirskii*: what made this predatory mite such a successful biocontrol agent?. *Experimental and Applied Acarology*, 65, 419–433. <https://doi.org/10.1007/s10493-014-9873-0>
12. Cáceres, R.I., Luna, M.G. (2017). Campyloneuropsis cincticornis as a potential biological control agent of the South American tomato pinworm *Phthorimaea absoluta*: predation activity, oviposition and relationship with solanaceous host plants. *Frontiers in Agronomy*, 7, 1635654. <https://doi.org/10.3389/fagro.2025.1635654>
13. Cherif, A., Mansour, R., Grissa-Lebdi, K. (2023). Biological control of *Tuta absoluta* through releases of *Trichogramma cacoeciae* parasitoids and *Macrolophus pygmaeus* predators in northeastern Tunisian greenhouses. *Biocontrol Science and Technology*, 33(11), 999–1010. <https://doi.org/10.1080/09583157.2023.2269486>
14. Figueiredo, E., Prieto, R., Mexia, A., Rodrigues, S., Costa, C.A., Godinho, M.C. (2012). Mirid bugs as biological control agents in protected tomato crops in the Oeste region. *Acta Horticultural*, 927, 253–259. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.927.28>
15. Gigon, V., Camps, C., Camps, C., Le Corff, J. (2016). Biological control of *Tetranychus urticae* by *Phytoseiulus macropilis* and *Macrolophus pygmaeus* in tomato greenhouses. *Centre for Human Genetics*, 68, 55–70. <http://doi.org/10.1007/s10493-015-9976-2>
16. Hoddle, M. S., van Driesche, R. G., Sanderson, J. P. (1998). Biology and use of Encarsia Formosa. *Annual Review of Entomology*, 43, 645–669. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.43.1.645>
17. Ivezić, A., Popović, T., Trudić, B., Krndija, J., Barošević, T., Sarajlić, A., Stojčić, I., Kuzmanović, B. (2025). Biological Control Agents in Greenhouse Tomato Production (*Solanum lycopersicum* L.): Possibilities, Challenges and Policy Insights for Western Balkan Region. *Horticulturae*, 11(2), 155. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11020155>
18. Konan, K.A.J., Monticelli, L.S., Ouali-N'goran, S.-W.M., Ramirez-Romero, R., Martin, T., Desneux, N. (2021). Combination of generalist predators, *Nesidiocoris tenuis* and *Macrolophus pygmaeus*, with a companion plant, *Sesamum indicum*: What benefit for biological control of *Tuta absoluta*? *PLoS ONE*, 16(9), e0257925. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257925>
19. Kenawy, A.H.E., Qaseem, R.M., Soliman, M.M.M., Hairy, A.El., El-Sheikh, W.E.A. (2025). Predation Response of *Macrolophus caliginosus* Wagner (Hemiptera: Heteroptera: Miridae) Across Multiple Prey Density Levels of *Aphis craccivora* Under Fixed Temperature Conditions. *Journal of Crop Health*, 77, 195. <https://doi.org/10.1007/s10343-025-01260-3>
20. Lucas, E., Alomar, O. (2002). Impact of *Macrolophus caliginosus* presence on damage production by *Dicyphus tamaninii* (Heteroptera: Miridae) on tomato fruits. *Journal of Economic Entomology*, 95(6), 1123–1129. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-95.6.1123>
21. Lykouressis, D.P., Perdakis, D.C., Gaspari, M.D. (2007). Prey preference and biomass consumption of *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae) fed *Myzus persicae* and *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae). *EJE*, 104(2), 199–204. <https://doi.org/10.14411/eje.2007.031>
22. Matioli, T.F., da Silva, M. R., de Bastos Pazini, J., Barroso, G., Vieira, J.G.A., Yamamoto, P.T. (2021). Risk Assessment of Insecticides Used in Tomato to Control Whitefly on the Predator *Macrolophus basicornis* (Hemiptera: Miridae). *Insects*, 12(12), 1092. <https://doi.org/10.3390/insects12121092>
23. McMurtry, J. A., De Moraes, G. J., Sourassou, N. F. (2013). Revision of the lifestyles of phytoseiid mites, including *Phytoseiulus persimilis*. *Systematic and Applied Acarology*, 18(4), 297–320. <https://doi.org/10.11158/saa.18.4.1>
24. Moerkens, R., Berckmoes, E., Van Damme, V., Wittemans, L., Tirry, L., Casteels, H., De Vis, R. (2017). Inoculative release strategies of *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Hemiptera: Miridae) in tomato crops: population dynamics and dispersal. *Journal of plant diseases and protection*, 124(3), 295–303. <https://doi.org/10.1007/s41348-017-0077-9>
25. Nannini, M., Foddi, F., Murgia, G., Pesci, R., Sanna, F. (2007). Natural enemies for tomato pest control in sardinian greenhouses. *Acta Horticultural*, 747, 415–423. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.747.52>
26. Pazyuk, I.M., Dolgovskaya, M.Y., Reznik, S.Y., Musolin, D. L. (2024). Storing up Treasures: Storage Potential of *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Heteroptera: Miridae) Nymphs for Application in Biological Control. *Insects*, 15(6), 414. <https://doi.org/10.3390/insects15060414>
27. Sylla, S., Brevault, T., Diarra, K., Bearez, P., Desneux, N. (2016). Life-History Traits of *Macrolophus pygmaeus* with Different Prey Foods. *PLoS ONE*, 11(11), hal-01606674. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166610>
28. Urbaneja, A., González-Cabrera, J., Arnó, J., Gabarra, R. (2012). Prospects for the biological control of

- Tuta absoluta* in tomatoes. *Pest Management Science*, 68(9), 1215–1222. <https://doi.org/10.1002/ps.3344>
29. van Lenteren, J. C. (2012). The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl*, 57, 1–20. <https://doi.org/10.1007/s10526-011-9395-1>
30. Wheeler, A.G., Krimmel, B.A. (2015). Mirid (Hemiptera: Heteroptera) specialists of sticky plants: adaptations, interactions, and ecological implications. *Annual Review of Entomology*, 60, 393–414. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-010814-020932>

**Вергелес П.М., Гуменюк О.В.** Оцінка ефективності застосування клопа ентомофага макролофус калігінозус (*Macrolophus caliginosus*) для контролю шкідників томатів в умовах захищеного ґрунту за режиму крапельного зрошення

**Метою** досліджень було встановити ефективність та доцільність застосування клопа ентомофага макролофус калігінозус (*Macrolophus caliginosus*) для контролю основного фітофагового ентомокомплексу томатів за їх тепличного вирощування.

**Методи.** Дослідження було проведено впродовж 2024–2025 років на базі ТОВ «ОВОЧЕВИЙ КОМБІНАТ СТАНИШІВКА» (Житомирська обл. Житомирський р-н с. Станишівка). Схема даного дослідження передбачала вивчення трьох варіантів чисельності заселення клопом ентомофагом томатів: до 2-х особин на 1 м<sup>2</sup>, 2–4 особин на 1 м<sup>2</sup> та 4–6 особин на 1 м<sup>2</sup>. Для досліджень було використано підготовлені біологічні партії ентомофага від компанії ТОВ Біозахист. Дослідження передбачали використання стандартних методів обліку та моніторингу шкідників томатів в умовах закритого ґрунту.

**Результати.** Усереднено що застосування клопа ентомофага є ефективним за всіх варіантів чисельності. за чисельності ентомофага до 2-х особин на 1 м<sup>2</sup> біологічна ефективність щодо контролю означеного в оцінці дослідження комплексу фітофагів становила 30,90%, за чисельності 2–4 особин на 1 м<sup>2</sup> 50,45%, а за чисельності 4–6 особин на 1 м<sup>2</sup> – 60,0%.

**Висновок.** Застосування клопа ентомофага *Macrolophus caliginosus* за вирощування томатів в умовах закритого ґрунту при застосуванні режиму краплинного зрошення дозволяє забезпечити достатньо високий рівень біологічної ефективності контролю чисельності таких шкідників як звичайний павутинний кліщ (*Tetranychus urticae* Koch.), оранжерейна попелиця (*Myzus persicae* Sulz.) та теплична білокрилка

(*Inaleurodes vaporariorum* Westw.) з максимальним досяжною сукупною біологічною ефективністю на рівні 60,0% за експозиційної чисельності даного ентомофага на рівні 4–6 особин/м<sup>2</sup> при заселенні агрофітоценозу на фенофазу 6–8 листків на головному пагоні томату (BBCH 38–40).

**Ключові слова:** томати, ентомокомплекс, ентомофаг, біологічна ефективність, біологічний контроль чисельності.

**Verheles P.M., Humenyuk O.V.** Assessment of the effectiveness of the entomophagous bug *Macrolophus caliginosus* for controlling tomato pests under protected cultivation conditions with drip irrigation

**Objective.** The aim of the study was to determine the effectiveness and feasibility of using the predatory bug *Macrolophus caliginosus* as an entomophagous agent for controlling the main phytophagous insect complex of tomatoes under greenhouse cultivation.

**Methods.** The research was conducted during 2024–2025 at the facilities of “Vegetable Complex Stanyshivka LLC” (Zhytomyr region, Zhytomyr district, village of Stanyshivka). The experimental design included three stocking densities of the entomophagous bug on tomato plants: up to 2 individuals per m<sup>2</sup>, 2–4 individuals per m<sup>2</sup>, and 4–6 individuals per m<sup>2</sup>. Prepared biological batches of the entomophagous insect provided by “Biozakhyt LLC” were used. The study employed standard methods for pest monitoring and assessment in greenhouse tomato production.

**Results.** On average, the application of the entomophagous bug proved effective across all tested densities. At a density of up to 2 individuals per m<sup>2</sup>, the biological control efficiency against the target phytophagous complex was 30.90%; at 2–4 individuals per m<sup>2</sup>, it reached 50.45%; and at 4–6 individuals per m<sup>2</sup>, it increased to 60.0%.

**Conclusion.** The use of the entomophagous bug *Macrolophus caliginosus* in greenhouse tomato cultivation under drip irrigation conditions ensures a sufficiently high level of biological control efficiency against pests such as the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch), the green peach aphid (*Myzus persicae* Sulz.), and the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* Westw.). The maximum achievable overall biological efficiency reached 60.0% at a predator density of 4–6 individuals per m<sup>2</sup> when introduced into the agro-phytocenosis at the 6–8 leaf stage of the main tomato shoot (BBCH 38–40).

**Key words:** tomatoes, insect complex, entomophagous insect, biological efficiency, biological pest control.

Дата першого надходження статті до видання: 28.04.2026  
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026  
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026



## ПОРІВНЯЛЬНА ДІЯ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИХ СПОЛУК НА ВМІСТ ЗЕЛЕНИХ ФОТОСИНТЕТИЧНИХ ПІГМЕНТІВ У ТКАНИНАХ ЛИСТКІВ ТА УРОЖАЙНІСТЬ СУНИЦІ (*FRAGARIA ANANASSA* DUCH.)

ГАВІЙ В.М. – кандидат біологічних наук, доцент

[orcid.org/0000-0002-2804-0456](https://orcid.org/0000-0002-2804-0456)

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя

ПАЛИВОДА Ю.М. – доктор філософії за спеціальністю 091 – Біологія

[orcid.org/0000-0001-6544-3441](https://orcid.org/0000-0001-6544-3441)

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя

**Постановка проблеми.** Суниця садова (*Fragaria ananassa* Duch.) є однією з найбільш поширених ягідних культур, яку вирощують у різних природно-кліматичних зонах України. Водночас найбільші площі її культивування зосереджені в зоні Полісся. Значне поширення цієї культури зумовлене високим рівнем адаптивності до різноманітних умов вирощування, значною продуктивністю, універсальністю використання плодів, а також дієтичними й лікувально-профілактичними властивостями свіжих ягід та продуктів їх переробки. Підвищення обсягів виробництва ягід суниці садової та задоволення зростаючого попиту на них значною мірою пов'язане із впровадженням нових високопродуктивних сортів і вдосконаленням сучасних технологій вирощування [1].

У сучасному сільськогосподарському виробництві важливим завданням є отримання високих урожаїв за раціонального використання ресурсів і мінімізації виробничих витрат. Одним із ефективних напрямів оптимізації агротехнологій є застосування регуляторів росту рослин, які активно використовуються в сучасному землеробстві [2]. Разом із тим інтенсифікація ягідництва часто супроводжується підвищенням норм внесення мінеральних добрив і застосуванням пестицидів з метою збільшення врожайності. Однак надмірне використання таких агрохімічних засобів може призводити до деградації ґрунтів, зниження біорізноманіття агроєкосистем, забруднення водних ресурсів та погіршення безпечності сільськогосподарської продукції [3]. У зв'язку з цим пошук ефективних і екологічно безпечних регуляторів росту рослин залишається одним із пріоритетних напрямів сучасних наукових досліджень у галузі світового аграрного виробництва.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вченими з'ясовано, що формування врожаю сільськогосподарських культур значною мірою зумовлене інтенсивністю фотосинтетичних процесів, у ході яких відбувається перетворення сонячної енергії на енергію органічних речовин рослинної біомаси. Рівень фотосинтетичної активності рослин, зокрема суниці садової, є одним із важливих чинників, що визначають їхню продуктивність [4]. Накопичення сухої речовини рослинами та формування врожаю значною мірою залежать від комплексу

ґрунтово-кліматичних умов і раціонального застосування технологічних прийомів вирощування, які забезпечують тривале та ефективне функціонування листкового апарату [5; 6; 7].

Одним із важливих компонентів сучасних технологій вирощування ягідних культур, спрямованих на оптимізацію фізіологічних процесів та підвищення ефективності виробництва, є використання обробки коренів саджанців та листових обробок метаболічно активними сполуками. Такі речовини здатні впливати на перебіг фізіологічних і біохімічних процесів у рослинному організмі, регулювати метаболічні реакції та підвищувати інтенсивність фотосинтетичної діяльності рослин [8; 9]. У зв'язку з цим дослідження впливу метаболічно активних сполук на асиміляційні процеси рослин з метою підвищення їхньої продуктивності та покращення якості врожаю є актуальним науковим завданням.

**Мета** – вивчити вплив метаболічно активних сполук на вміст зелених фотосинтетичних пігментів у листках суниці садової та її урожайність за обробки коренів саджанців та рослин по листу.

**Матеріали та методика досліджень.** Об'єктом дослідження була суниця садова (*Fragaria ananassa* Duch.) сорту Маршал. Цей сорт є представником американської селекції та набув широкого поширення завдяки високому рівню адаптивності до умов вирощування та стабільній продуктивності. Плоди сорту Маршал характеризуються підвищеним умістом розчинних цукрів і біологічно активних речовин, що зумовлює їхню високу харчову та біологічну цінність [10].

Досліджуваний сорт добре пристосований до вирощування в різних ґрунтово-кліматичних умовах, у тому числі в регіонах Лісостепу та Полісся України. Рослини характеризуються відносною посухо- та морозостійкістю, а також достатньою стійкістю до основних хвороб і шкідників.

Висаджування саджанців у відкритий ґрунт здійснювали після попередньої обробки кореневої системи метаболічно активними сполуками. Листову обробку рослин суниці садової проводили навесні на другий рік після формування листкового апарату. Дослідження проводили на території навчально-дослідної агробіостанції





Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя.

Для проведення обробки рослин суниці садової було застосовано такі варіанти дослідів:

1. контроль (суниці без обробки);
2. обробка розчином убіхінону-10 ( $10^{-8}$ М);
3. обробка розчином вітаміну Е ( $10^{-8}$ М)+убіхінон-10 ( $10^{-8}$ М);
4. обробка розчином Е ( $10^{-8}$ М)+метіонін (0,001%)+параоксibenзойна кислота (ПОБК) (0,001%);
5. обробка розчином вітаміну Е ( $10^{-8}$ М)+метіонін (0,001%)+параоксibenзойна кислота (ПОБК) (0,001%)+ $MgSO_4$  (0,001%).

Вміст суми хлорофілів *a* і *b* у тканинах листків суниці садової визначали за допомогою спектрофотометричного методу [17]. Вимірювання оптичної густини досліджуваних розчинів проводили спектрофотометрично при довжинах хвиль 665, 654 та 649 нм. Як розчин порівняння використовували етиловий спирт.

Статистичну та математичну обробку експериментальних даних здійснювали із застосуванням програмного пакета Microsoft Excel 16.0 for Windows. Оцінювання достовірності отриманих результатів проводили за *t*-критерієм Стюдента при рівні статистичної значущості  $p \leq 0,05$ .

**Результати досліджень.** Фотосинтез є основним процесом, що забезпечує живлення рослинного організму та супроводжується синтезом первинної органічної речовини. Саме в ході фотосинтетичної діяльності формується та акумулюється близько 80–90 % сухої біомаси рослин. Наукові дослідження підтверджують, що рівень урожайності безпосередньо зумовлений біохімічними перетвореннями продуктів фотосинтезу. Важливу роль у перебігу цього процесу відіграють зелені фотосинтетичні пігменти – хлорофіли *a* і *b*, які беруть участь у поглинанні світлової енергії та водночас є чутливими індикаторами фізіологічного стану рослинного організму [4].

У фазу бутонізації рослин було проведено визначення вмісту хлорофілів *a* та *b* у тканинах листків суниці садової (табл. 1).

Установлено, що у фазу бутонізації вміст суми хлорофілів *a* та *b* у тканинах листків суниці садової в контрольному варіанті становив 1,28 мг/г сирої маси,

зокрема хлорофілу *a* – 0,85 мг/г сирої маси, а хлорофілу *b* – 0,43 мг/г сирої маси. Обробка рослин суниці по листу комбінацією метаболічно активних речовин вітаміну Е + метіонін + параоксibenзойна кислота (ПОБК) +  $MgSO_4$  сприяла суттєвому підвищенню вмісту сумарних хлорофілів *a* і *b* до 2,56 мг/г сирої маси. Встановлено, що зазначена комбінація сполук позитивно впливала на синтез фотосинтетичних пігментів, забезпечуючи перевищення контрольних показників для хлорофілу *a* на 105,9 %, а для хлорофілу *b* – на 88,4 %. Високу стимулювальну активність щодо синтезу зелених фотосинтетичних пігментів у тканинах листків суниці садової в цій фазі розвитку також продемонстрували варіанти з обробкою рослин убіхіноном, а також комбінацією речовин вітаміну Е + убіхінон.

Дослідження показали, що у фазі цвітіння вміст зелених фотосинтетичних пігментів у тканинах листків суниці садової був вищим порівняно з показниками, отриманими у фазі бутонізації. Зокрема, у контрольному варіанті вміст суми хлорофілів *a* та *b* становив 1,56 мг/г сирої маси, при цьому частка хлорофілу *a* дорівнювала 1,16 мг/г сирої маси, а хлорофілу *b* – 0,40 мг/г сирої маси. Проведення обробки коренів саджанців та рослин по листу комбінацією метаболічно активних речовин вітаміну Е + метіонін + ПОБК +  $MgSO_4$  зумовило зростання вмісту суми хлорофілів *a* та *b* до 2,58 мг/г сирої маси, що перевищувало контрольні значення на 65,4 % (табл. 2). Крім того, застосування зазначеної композиції сприяло інтенсивнішому утворенню окремих форм хлорофілу: вміст хлорофілу *a* перевищував контроль на 54,3 %, тоді як концентрація хлорофілу *b* була більшою на 97,5 % відповідно.

Високу ефективність щодо інтенсифікації синтезу зелених фотосинтетичних пігментів у тканинах листків суниці садової продемонструвала також і комбінація вітаміну Е + убіхінон.

Отримані результати можуть бути зумовлені біологічною активністю компонентів досліджуваних композицій та оптимальними концентраціями застосованих речовин. Зокрема, вітаміну Е (токоферол) є потужним антиоксидантом, який у рослинних організмах виконує важливу функцію елемента захисної системи від окиснювального стресу [12]. Убіхінон бере активну участь у метаболічних процесах рослинного організму,

Таблиця 1

**Вміст хлорофілів у тканинах листків суниці садової у фазі бутонізації за обробки коренів саджанців та рослин по листу метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями**

| Варіант                                 | Вміст суми хлорофілів <i>a</i> і <i>b</i> |               | Вміст хлорофілу <i>a</i> |               | Вміст хлорофілу <i>b</i> |               |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------|---------------|--------------------------|---------------|--------------------------|---------------|
|                                         | мг/г сирої маси                           | % до контролю | мг/г сирої маси          | % до контролю | мг/г сирої маси          | % до контролю |
| Контроль                                | 1,28 ± 0,12                               | 100,0         | 0,85 ± 0,05              | 100,0         | 0,43 ± 0,02              | 100,0         |
| Вітаміну Е + убіхінон-10                | 1,43 ± 0,18*                              | 111,7         | 1,08 ± 0,07*             | 127,0         | 0,35 ± 0,04              | 83,3          |
| Убіхінон-10                             | 1,48 ± 0,11*                              | 115,6         | 1,04 ± 0,05*             | 164,7         | 0,44 ± 0,02              | 97,8          |
| Вітаміну Е + метіонін + ПОБК            | 1,31 ± 0,18*                              | 102,3         | 0,91 ± 0,06*             | 107,1         | 0,40 ± 0,07              | 93,0          |
| Вітаміну Е + метіонін + ПОБК + $MgSO_4$ | 2,56 ± 0,12*                              | 200,0         | 1,75 ± 0,04              | 205,9         | 0,81 ± 0,02*             | 188,4         |

\*Примітка. Різниця достовірна порівняно з контролем ( $p < 0,05$ )

Таблиця 2

**Вміст хлорофілів у тканинах листків суниці садової у фазі цвітіння за обробки коренів саджанців та рослин по листу метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями**

| Варіант                                         | Вміст суми хлорофілів <i>a</i> і <i>b</i> |               | Вміст хлорофілу <i>a</i> |               | Вміст хлорофілу <i>b</i> |               |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------|--------------------------|---------------|--------------------------|---------------|
|                                                 | мг/г сирової маси                         | % до контролю | мг/г сирової маси        | % до контролю | мг/г сирової маси        | % до контролю |
| Контроль                                        | 1,56 ± 0,12                               | 100,0         | 1,16 ± 0,05              | 100,0         | 0,40 ± 0,02              | 100,0         |
| Вітамін Е+ убіхінон-10                          | 2,76 ± 0,18*                              | 176,9         | 2,07 ± 0,07*             | 178,4         | 0,69 ± 0,04*             | 172,1         |
| Убіхінон-10                                     | 1,98 ± 0,11*                              | 126,9         | 1,54 ± 0,05*             | 132,7         | 0,44 ± 0,02*             | 110,0         |
| Вітамін Е + метіонін + ПОБК                     | 1,73 ± 0,12*                              | 110,9         | 1,32 ± 0,04*             | 113,8         | 0,41 ± 0,03              | 102,5         |
| Вітамін Е + метіонін + ПОБК + MgSO <sub>4</sub> | 2,58 ± 0,18*                              | 165,4         | 1,79 ± 0,06*             | 154,3         | 0,79 ± 0,07*             | 197,5         |

\*Примітка. Різниця достовірна порівняно з контролем ( $p < 0,05$ )

Таблиця 3

**Урожайність суниці садової за обробки коренів саджанців та рослин по листу метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями**

| Варіант                                         | Урожайність, т/га | % до контролю |
|-------------------------------------------------|-------------------|---------------|
| Вітамін Е+ убіхінон                             | 9,1 ± 0,63        | 122,9         |
| Убіхінон                                        | 8,8 ± 0,65*       | 118,9         |
| Вітамін Е + метіонін + ПОБК                     | 8,5 ± 0,76        | 114,9         |
| Вітамін Е + метіонін + ПОБК + MgSO <sub>4</sub> | 9,2 ± 0,60*       | 124,3         |
| Контроль                                        | 7,4 ± 0,46        | 100           |

\*Примітка. Різниця достовірна порівняно з контролем ( $p < 0,05$ )

проявляє антиоксидантні властивості, а також залучений до регуляції експресії генів і передачі внутрішньоклітинних сигналів [13]. Поряд із пластохіноном ця сполука бере участь у процесах фотофосфорилювання та окиснювального фосфорилювання, що відбуваються відповідно у тилакоїдах хлоропластів і на внутрішній мембрані мітохондрій. Крім того, встановлено, що вітамін Е (α-токоферилацетат) і убіхінон можуть проявляти імуностимулювальну дію, а також характеризуються антифетовірусною та антибактеріальною активністю [12]. Параоксibenзойна кислота відзначається вираженими антимікробними властивостями та здатністю пригнічувати розвиток бактерій, цвілевих і інших грибів. Водночас ця сполука поєднує функції сигнального посередника та стресового фітогормону [14]. Метіонін, у свою чергу, є важливим попередником у біосинтезі фітогормонів росту [15]. Додатковим джерелом мінерального живлення рослин є сульфат магнію, який забезпечує надходження магнію – одного з ключових елементів фотосинтетичного апарату. Магній входить до складу молекули хлорофілу, впливає на інтенсивність фотосинтетичних процесів, бере участь у транспорті фосфору та регуляції вуглеводного обміну, активізує окисно-відновні реакції, входить до складу фітину й пектинових речовин, стимулює ферментативну активність і регулює колоїдно-хімічний стан протоплазми клітин [16].

Важливим інтегральним показником ефективності досліджуваних елементів технології вирощування сільськогосподарських культур є рівень урожайності. Відомо, що 90–95 % урожаю формується у листках у результаті фотосинтетичної діяльності, інтенсивність

якої змінюється впродовж вегетаційного періоду та залежить від біологічних особливостей культури, сорту, віку рослин, а також умов зовнішнього середовища [4].

Результати проведених досліджень показали, що обробка коренів саджанців та рослин по листу метаболічно активними речовинами сприяла підвищенню врожайності суниці садової на 14,9–24,3 %. Найвищий рівень урожайності було зафіксовано у варіанті із застосуванням комбінації вітамін Е + метіонін + ПОБК + MgSO<sub>4</sub>, де цей показник становив 9,2 т/га, що перевищувало контрольний варіант на 24,3 % (табл. 3).

#### Висновки.

1. Установлено, що вміст хлорофілу в листках рослин суниці садової залишався на високому рівні протягом усіх досліджуваних фаз розвитку. Поєднання обробки коренів саджанців та обробки рослин по листу на другий рік після посадки комбінаціями речовин Вітамін Е + метіонін + ПОБК + MgSO<sub>4</sub>, Вітамін Е + убіхінон, препаратом Убіхінон забезпечила збільшення вмісту суми хлорофілів *a* і *b*, вмісту хлорофілу *a* та вмісту хлорофілу *b* у тканинах листків суниці садової.

2. Найвищі показники врожайності суниці садової за умов поєднання обробки коренів саджанців і листової обробки рослин на другий рік після висаджування були характерні для варіанту із застосуванням композиції вітамін Е + метіонін + ПОБК + MgSO<sub>4</sub>.

3. Досліджувані комбінації метаболічно активних сполук вітамін Е + метіонін + ПОБК + MgSO<sub>4</sub> та вітамін Е + убіхінон продемонстрували високу біологічну ефективність і можуть бути рекомендовані для використання в технологіях вирощування суниці садової з метою підвищення її продуктивності.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Силаева А. М., Спірочкіна М. М. Вплив регуляторів росту Епін™ та Емістим С на продуктивність насаджень і якість плодів садової суниці (*Fragaria ananassa* (Weston) Duchesne ex Rozier). *Plant varieties studying and protection*, 2015. 3–4 (28–29). С. 56–60.
2. Кречківська Г.В., Коссак Г.М., Павлишак Я.Я. Дослідження впливу регуляторів росту на культивування різних сортів суниці мускусної (*Fragaria moschata*) в умовах Передкарпаття. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Т. 28, № 5. С. 27–30.
3. Роль мікробіоти у формуванні родючості ґрунтів та оптимізації аграрного виробництва. *Чернігівщина аграрна*. 2024. № 43. С. 23–28.
4. Стасик О.О., Кірізій Д.А., Прядкіна Г.О. Фотосинтез і продуктивність: основні наукові досягнення та інноваційні розробки. *Фізіологія рослин і генетика*. 2021, том 53, № 2. С. 160–184.
5. Болобон Н.М. Вплив ґрунтово-кліматичних умов на урожайність суниці садової (*Fragaria ananassa* L.). *Садівництво*. 2023. Вип. 78. С. 26–31. DOI: 10.35205/0558-1125-2023-78-26-31.
6. Буцик Р.М. Продуктивність суниці залежно від мульчування ґрунту різними матеріалами. *Автохтонні та інтродуковані рослини*. 2015. Вип. 11. С. 73–78.
7. Карпенко В.П., Бурлай О.Л., Буцик Р.М., Майборода В.М. Продуктивність суниці садової за різних технологій вирощування. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2019. Вип. 95. Частина 1. С. 116–127. DOI: 10.31395/2415-8240-2019-95-1-116-127.
8. Юлія Миколаївна Паливода, Валентина Миколаївна Гавій. Активність фотосинтетичного апарату та ферментів антиоксидантної системи проростків пшениці м'якої (*Triticum aestivum* L.) за умов водного дефіциту за обробки насіння метаболічно активними речовинами. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія та біологія*. 2025. Том 59. № 1 (2025). С. 92–99.
9. Гавій В.М., Кучменко О.Б., Козючко-Головач А.Г. Фотосинтетичні показники та урожайність сої за передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2025. Вип.1 (15). С. 55–62.
10. Полуниця "Маршал" сорт (середньораннього терміну дозрівання) URL: [surl.li/aqyjqs](http://surl.li/aqyjqs)
11. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрономічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ: ЗАТ «Нічлава», 2003. 320 с.
12. Li Q., Javed M., Haider M., Habib N., Rizwan M., Perveen R., Ali S., Alyemeni M., El-Serehy H., Al-Misned F.  $\alpha$ -Tocopherol foliar spray and translocation mediates growth, photosynthetic pigments, nutrient uptake, and oxidative defense in Maize (*Zea mays* L.) under drought stress. *Agronomy*. 2020. Vol. 10 (9). P. 1235.
13. Liu M., Lu S. Plastoquinone and ubiquinone in plants: Biosynthesis, physiological function and metabolic engineering. *Front Plant Sci*. 2016. Vol. 7. P. 1898.
14. Cho J.-Y., Moon J.-H., Seong K.-Y., Park K.-H. Antimicrobial Activity of 4-Hydroxybenzoic Acid and trans 4-Hydroxycinnamic Acid Isolated and Identified from Rice Hull. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 2008. № 62(11). P. 2273–2276.
15. Roje S. S-Adenosyl-L-methionine: Beyond the universal methyl group donor. *Phytochemistry*, 2006. № 67. P. 1686–1698.
16. Azizi K., Yaghobi M., Hidary S., Chaeichi M. R., Roham R. Effects of different methods of magnesium sulphate application on qualitative and quantitative yield of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars under Khorramabad climatic conditions of Iran. *Res. Crops*, 2011. № 12. P. 103–111.

## REFERENCES:

1. Syliaeva, A. M., & Spirochkina, M. M. (2015). Vplyv rehuliatoriv rostu Epin™ ta Emistym S na produktyvnist nasadzen i yakist plodiv sadovoi sunytsi (*Fragaria × ananassa* (Weston) Duchesne ex Rozier) [Effect of growth regulators Epin™ and Emistim S on productivity of plantings and fruit quality of garden strawberry]. *Plant Varieties Studying and Protection*, 3–4(28–29), 56–60. [in Ukrainian].
2. Krechkivska, H. V., Kossak, H. M., & Pavlyshak, Ya. Ya. (2018). Doslidzhennia vplyvu rehuliatoriv rostu na kultyvuvannia riznykh sortiv sunytsi muskousnoi (*Fragaria moschata*) v umovakh Peredkarpattia [Study of the influence of growth regulators on cultivation of different varieties of musk strawberry (*Fragaria moschata*) in the conditions of the Precarpathian region]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*, 28(5), 27–30. [in Ukrainian].
3. Rol mikrobyoty u formuvanni rodiuchosti gruntiv ta optymizatsii ahrahnoho vyrobnystva [The role of microbiota in soil fertility formation and optimization of agricultural production]. *Chernihivshchyna aharna*, 43, 23–28. [in Ukrainian].
4. Stasyk, O. O., Kirizii, D. A., & Priadkina, H. O. (2021). Fotosyntezy i produktyvnist: osnovni naukovy dosiahnennia ta innovatsiini rozrobky [Photosynthesis and productivity: Major scientific achievements and innovative developments]. *Fiziolohiia Roslyn i Henetyka*, 53(2), 160–184. [in Ukrainian].
5. Bolobon, N. M. (2023). Vplyv gruntovo-klimatychnykh umov na urozhainist sunytsi sadovoi (*Fragaria ananassa* L.) [Influence of soil and climatic conditions on yield of garden strawberry (*Fragaria ananassa* L.)]. *Sadivnytstvo*, 78, 26–31. <https://doi.org/10.35205/0558-1125-2023-78-26-31>. [in Ukrainian].
6. Butsyk, R. M. (2015). Produktyvnist sunytsi zalezno vid mulchu-vannia gruntu riznymi materialamy [Productivity of strawberry depending on soil mulching with different materials]. *Avtokhtonni ta Introdukovan Roslyny*, 11, 73–78. [in Ukrainian].
7. Karpenko, V. P., Burliai, O. L., Butsyk, R. M., & Maiboroda, V. M. (2019). Produktyvnistsunytsisadovoiza riznykh tekhnolohii vyroshchuvannia [Productivity of garden strawberry under different cultivation technologies]. *Zbirnyk Naukovykh Prats Umanskoho Natsionalnogo Universytetu Sadivnytstva*, 95(1), 116–127. <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2019-95-1-116-127>. [in Ukrainian].
8. Palyvoda, Yu. M., & Havii, V. M. (2025). Aktyvnist fotosyntetichnoho aparatu ta fermentiv antyoksydantnoi systemy prorostkiv pshenytsi miakoi (*Triticum aestivum* L.) za umov vodnoho defitsytu za obrobky nasinnia metabolichno aktyvnymy rehovynamy [Activity of the photosynthetic apparatus and antioxidant system enzymes of soft wheat seedlings (*Triticum aestivum* L.) under water

- deficit conditions after seed treatment with metabolically active substances]. *Visnyk Sumskoho Natsionalnoho Ahramnoho Universytetu. Seriya: Ahronomiia ta Biolohiia*, 59(1), 92–99. [in Ukrainian].
9. Havii, V. M., Kuchmenko, O. B., & Koziuchko-Holovach, A. H. (2025). Fotosyntetychni pokaznyky ta urozhainist soi za peredposivnoi obrobky nasinnia metabolichno aktyvnymy rehovynamy [Photosynthetic indicators and soybean yield under pre-sowing seed treatment with metabolically active substances]. *Zemlerobstvo ta Roslynnystvo: Teoriia i Praktyka*, 1(15), 55–62. [in Ukrainian].
  10. Polunytisia “Marshal” sort (serednoran-noho terminu dozrivannia) [Strawberry cultivar “Marshal” (medium-early ripening)]. URL: <https://surl.li/aqyjqc> [in Ukrainian].
  11. Hrytsaienko, Z. M., Hrytsaienko, A. O., & Karpenko, V. P. (2003). *Metody biolohichnykh ta ahronomichnykh doslidzhen roslyn i gruntiv* [Methods of biological and agronomic research of plants and soils]. Kyiv: Nichlava. [in Ukrainian].
  12. Li, Q., Javed, M., Haider, M., Habib, N., Rizwan, M., Perveen, R., Ali, S., Alyemeni, M., El-Serehy, H., & Al-Misned, F. (2020).  $\alpha$ -Tocopherol foliar spray and translocation mediates growth, photosynthetic pigments, nutrient uptake, and oxidative defense in maize (*Zea mays* L.) under drought stress. *Agronomy*, 10(9), 1235.
  13. Liu, M., & Lu, S. (2016). Plastoquinone and ubiquinone in plants: Biosynthesis, physiological function and metabolic engineering. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1898.
  14. Cho, J.-Y., Moon, J.-H., Seong, K.-Y., & Park, K.-H. (2008). Antimicrobial activity of 4-hydroxybenzoic acid and trans-4-hydroxycinnamic acid isolated and identified from rice hull. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 62(11), 2273–2276.
  15. Roje, S. (2006). S-adenosyl-L-methionine: Beyond the universal methyl group donor. *Phytochemistry*, 67, 1686–1698.
  16. Azizi, K., Yaghobi, M., Hidary, S., Chaeichi, M. R., & Roham, R. (2011). Effects of different methods of magnesium sulphate application on qualitative and quantitative yield of lentil (*Lens culinaris* Medik.) cultivars under Khorramabad climatic conditions of Iran. *Research on Crops*, 12, 103–111.

**Гавій В.М., Паливода Ю.М. Порівняльна дія метаболічно активних сполук на вміст зелених фотосинтетичних пігментів у тканинах листків та урожайність суниці (*Fragaria ananassa* Duch.)**

Одним із важливих компонентів сучасних технологій вирощування ягідних культур, спрямованих на оптимізацію фізіологічних процесів та підвищення ефективності виробництва, є використання обробки коренів саджанців та рослин по листу метаболічно активними сполуками. **Мета.** Вивчити вплив метаболічно активних сполук на вміст зелених фотосинтетичних пігментів у листках суниці садової та її урожайність за обробки коренів саджанців та рослин по листу. **Методи.** Польові дослідження проводили згідно методики польових дослідів. Біохімічні методи використовували для дослідження вмісту хлорофілів а і b у тканинах листків суниці. Статистичну обробку результатів виконували методами математичної статистики із застосуванням пакета

«Аналіз даних» MS Excel 2016 та критерію Стюдента. **Результати.** Використання комбінацій вітамін Е + параоксibenзойна кислота + метіонін +  $MgSO_4$ , вітамін Е + убіхінон-10 та убіхінону для обробки суниці призводило до підвищення вмісту суми хлорофілів а і b, вмісту хлорофілу а та вмісту хлорофілу b в тканинах листків у фазу бутонізації та цвітіння. Обробка коренів саджанців та рослин по листу метаболічно активними речовинами сприяла підвищенню врожайності суниці садової на 14,9–24,3 %. Найвищий рівень урожайності було зафіксовано у варіанті із застосуванням комбінації вітамін Е + метіонін + параоксibenзойна кислота +  $MgSO_4$ , де цей показник перевищив контрольний варіант на 24,3 %. **Висновки.** Вміст хлорофілу в листках рослин суниці садової залишався на високому рівні протягом усіх досліджуваних фаз розвитку. Поєднання обробки коренів саджанців та обробки рослин по листу на другий рік після посадки комбінаціями речовин Вітамін Е + метіонін + параоксibenзойна кислота +  $MgSO_4$ , Вітамін Е + убіхінон, препаратом Убіхінон забезпечила збільшення вмісту суми хлорофілів а і b, вмісту хлорофілу а та вмісту хлорофілу b у тканинах листків суниці садової. Найвищі показники врожайності суниці садової були характерні для варіанту із застосуванням композиції вітамін Е + метіонін + параоксibenзойна кислота +  $MgSO_4$ . Досліджувані комбінації метаболічно активних сполук вітамін Е + метіонін + параоксibenзойна кислота +  $MgSO_4$  та вітамін Е + убіхінон продемонстрували високу біологічну ефективність і можуть бути рекомендовані для використання в технологіях вирощування суниці садової з метою підвищення її продуктивності.

**Ключові слова:** суниця садова, вітамін Е, убіхінон-10, метіонін, параоксibenзойна кислота,  $MgSO_4$ , сума хлорофілів а і b.

**Havii V.M., Palyvoda Yu.M. Comparative effects of metabolically active compounds on the content of green photosynthetic pigments in leaf tissues and the yield of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.)**

One of the important components of modern technologies for berry crop cultivation aimed at optimizing physiological processes and improving production efficiency is the application of metabolically active compounds for seedling root treatment and foliar spraying of plants. **Purpose.** To investigate the effect of metabolically active compounds on the content of green photosynthetic pigments in the leaves of garden strawberry and its yield when applied through seedling root treatment and foliar spraying of plants.

**Methods.** Field experiments were conducted according to the methodology of field trials. Biochemical methods were used to determine the content of chlorophylls a and b in strawberry leaf tissues. Statistical processing of the obtained results was carried out using methods of mathematical statistics with the application of the Data Analysis package in MS Excel 2016 and Student's t-test.

**Results.** The use of combinations vitamin E + p-hydroxybenzoic acid + methionine +  $MgSO_4$ , vitamin E + ubiquinone-10, and ubiquinone for strawberry treatment led to an increase in the total chlorophyll (a + b) content, as well as in the individual contents of chlorophyll a and chlorophyll b in leaf tissues during the budding and flowering stages. Seedling root treatment combined with foliar application of metabolically active compounds contributed to an increase in strawberry yield by 14.9–24.3%. The highest yield was recorded in the variant with the application of the combination vitamin E + methionine

+ p-hydroxybenzoic acid +  $\text{MgSO}_4$ , where this indicator exceeded the control by 24.3%.

**Conclusions.** The chlorophyll content in the leaves of garden strawberry plants remained high throughout all studied developmental stages. The combined treatment of seedling roots and foliar application of metabolically active compounds in the second year after planting, namely vitamin E + methionine + p-hydroxybenzoic acid +  $\text{MgSO}_4$ , vitamin E + ubiquinone, and ubiquinone, ensured an increase in the total chlorophyll (a + b) content, as well as in the contents of chlorophyll a and chlorophyll b in strawberry

leaf tissues. The highest yield of garden strawberry was observed in the treatment with the composition vitamin E + methionine + p-hydroxybenzoic acid +  $\text{MgSO}_4$ . The studied combinations of metabolically active compounds vitamin E + methionine + p-hydroxybenzoic acid +  $\text{MgSO}_4$  and vitamin E + ubiquinone demonstrated high biological efficiency and may be recommended for use in strawberry cultivation technologies in order to increase crop productivity.

**Key words:** garden strawberry, vitamin E, ubiquinone-10, methionine, p-hydroxybenzoic acid,  $\text{MgSO}_4$ , total chlorophyll a + b.

Дата першого надходження статті до видання: 03.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## ЕФЕКТИВНІСТЬ СПОСОБІВ БОРОТЬБИ З БУР'ЯНАМИ НА ПОСІВАХ СОРГО ЗА РІЗНИХ УМОВ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

**ГЕТМАН Н.Я.** – доктор сільськогосподарських наук, доцент  
[orcid.org/0000-0002-6627-5256](https://orcid.org/0000-0002-6627-5256)

Вінницький національний аграрний університет

**ВАСИЛЕНКО Р.М.** – кандидат сільськогосподарських наук,  
[orcid.org/0009-0000-1903-4444](https://orcid.org/0009-0000-1903-4444)

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства  
Національної академії аграрних наук України

**БУРКО Л.М.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
[orcid.org/0000-0003-0638-0481](https://orcid.org/0000-0003-0638-0481)

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**ЧЕПЕРНАТИЙ Є.В.** – кандидат сільськогосподарських наук  
[orcid.org/0009-0007-9017-0917](https://orcid.org/0009-0007-9017-0917)

Вінницький національний аграрний університет

**ГУК І.М.** – асистент

[orcid.org/0009-0005-4673-9112](https://orcid.org/0009-0005-4673-9112)

Вінницький національний аграрний університет

**Постановка проблеми.** В умовах глобального потепління клімату, недостатнього та нерівномірного розподілу опадів та тривалих посух в Україні надзвичайно важливого значення у виробництві зерна набуває вирощування посухостійкого, солевитривалого й високопродуктивного сорго зернового. За жорстких гідротермічних умов, які в останні роки характеризуються стійкою тенденцією до погіршення, ця культура здатна формувати стабільні та економічно доцільні врожаї зерна для харчового і кормового використання, а також для виробництва біоетанолу [1, 2, 3, 7].

За поживною цінністю сорго зернове практично не поступається ячменю і кукурудзі [8], проте обсяги його виробництва досі не відповідають постійно зростаючим потребам агропромислового комплексу [5].

Одним із ключових стримуючих факторів підвищення врожайності зернового сорго є висока забур'яненість орних земель, що особливо гостро проявляється в умовах зрошуваного землеробства. Суттєву роль відіграє також біологічна особливість культури – уповільнений ріст рослин у міжфазний період «сходи – початок виходу в трубку». Саме в цей критичний період з'являються сходи різних видів бур'янів, які відзначаються значно інтенсивнішими темпами лінійного росту та накопичення надземної маси [3]. Це зумовлює об'єктивну необхідність вивчення й упровадження нових високоефективних способів боротьби з бур'янами у посівах сорго, включаючи сучасні хімічні препарати.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання вирощування сорго зернового та боротьби із бур'янами на його посівах в останні роки набуває все більшої актуальності як в Україні, так і у світовій науковій спільноті, що підтверджується значною кількістю публікацій у фахових виданнях.

Проблему забур'яненості посівів сорго та економічну доцільність захисних заходів ґрунтовно розкрито у роботі Dille J.A. зі співавторами [10], у якій за результатами узагальнення багаторічних польових дослідів у США встановлено, що за відсутності контролю бур'янів втрати врожаю зернового сорго в середньому становлять близько 52%, а щорічні економічні збитки галузі перевищують 953 млн доларів. Ці дані переконливо обґрунтовують необхідність систематичного застосування засобів захисту посівів від забур'яненості.

Видовий склад бур'янів та конкурентну взаємодію культури з ними детально проаналізовано у оглядовій статті Peerzada A.M., Ali H.H. та Chauhan B.S. [13], де показано, що бур'яни здатні спричиняти від 15 до 97% втрат урожаю сорго залежно від кліматичних умов і видового складу забур'яненості. Авторами обґрунтовано, що підвищення конкурентоспроможності культури через оптимізацію норм висіву, ширини міжряддя та вибір алелопатичних гібридів може суттєво знизити потребу в хімічному захисті.

Ефективність різних гербіцидних програм у посівах зернового сорго за умов поєднання передпосівного та вегетаційного внесення препаратів вивчалась у роботі Norsworthy J.K. зі співавторами [11]. Встановлено, що система S-метолахлор + атразин (PRE) з наступним внесенням атразину з олією ріпаку (POST) у фазі четвертого листка забезпечує найбільш збалансований захист посівів і знижує врожайні втрати від бур'янів на 50% порівняно з незахищеним контролем. Отримані результати узгоджуються з даними вітчизняних досліджень щодо переваг комплексних гербіцидних систем.

Питання вибіркової гербіцидності відносно культури та безпечних строків їх внесення досліджувалось у роботі Pimentel G.V. зі співавторами [14], де встановлено,



що застосування гербіцидів групи HPPD-інгібіторів (мезотріон) у рекомендованих дозах у фазах до- та ранньо-вегетаційного внесення виявляє прийнятну вибірковість відносно сорго. Водночас показано, що внесення пост-емергентних гербіцидів у фазі понад 5 листків суттєво підвищує ризик фітотоксичного пошкодження, що є важливим практичним орієнтиром при плануванні строків обробки.

Критичний період контролю бур'янів у посівах зернового сорго та його залежність від строків сівби й умов середовища визначено у дослідженні Contreras D. зі співавторами [9]. Авторами встановлено, що критичне вікно для захисних обробок суттєво варіює залежно від агрокліматичних умов і може становити від 228 до 1042 градусо-днів, що вказує на необхідність диференційованого підходу до планування строків застосування гербіцидів залежно від регіону та строків сівби культури.

Перспективи розширення асортименту дозволених гербіцидів через розвиток гербіцидостійких гібридів сорго проаналізовано у роботі Pandian B.A. зі співавторами [12]. Показано, що відсутність ефективних POST-гербіцидів для контролю злакових бур'янів залишається ключовим обмеженням технології вирощування культури, а розробка гібридів зі стійкістю до ALS- та ACCase-інгібіторів відкриє принципово нові можливості для захисту посівів, хоча й потребуватиме суворих програм контролю переносу генів стійкості до дикорослих споріднених видів.

Вітчизняний досвід хімічного контролю бур'янів у посівах зернового сорго в умовах степової зони України узагальнено у роботі Ткалича Ю.І. зі співавторами [8]. Встановлено, що поєднання ґрунтових та страхових гербіцидів забезпечує зниження забур'яненості посівів на 83–92% і достовірно підвищення врожайності зерна, що підтверджує ефективність інтегрованих гербіцидних систем в умовах посушливого клімату.

Комплексну систему захисту посівів сорго, що охоплює гербіцидний, фунгіцидний та інсектицидний захист, досліджено у роботі Семенова С.С. [6]. Автором встановлено, що реалізація повної системи захисту підвищує врожайність зерна сорго на 28–35% порівняно з контролем, при цьому гербіцидний компонент є визначальним для формування густоти продуктивного стеблостою та елементів структури врожаю.

Таким чином, аналіз останніх наукових публікацій засвідчує, що проблема захисту посівів зернового сорго від бур'янів залишається актуальною як у світовому, так і у вітчизняному землеробстві. Більшість авторів сходяться на тому, що найбільш ефективним є комплексний підхід, який поєднує хімічні та агротехнічні методи захисту, а вибір конкретної системи має визначатися з урахуванням умов вологозабезпечення, видового складу бур'янів і біологічних особливостей вирощуваного гібриду. Водночас питання порівняльної ефективності різних систем захисту на зрошуваних та богарних посівах сорго зернового в умовах Півдня України залишається недостатньо вивченим, що й визначає актуальність проведеного дослідження.

**Метою** дослідження є узагальнення експериментального матеріалу щодо виявлення найбільш

ефективного способу боротьби з бур'янами у посівах сорго зернового та встановлення його впливу на продуктивність культури в умовах зрошеного і богарного землеробства Півдня України.

**Матеріали та методика досліджень.** Польовий дослід проводили на дослідному полі Інституту зрошеного землеробства (нині – Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства) НААН України впродовж 2016–2018 років на темно-каштановому середньосуглинковому слабосолонцюватому ґрунті.

Висівали ранньостиглий гібрид Арскі та середньоранній гібрид Фоєн у першій декаді травня широко-рядним способом з шириною міжряддя 70 см в умовах як богарного, так і зрошеного землеробства. Під передпосівну культивуацію вносили аміачну селітру в дозі  $N_{90}$ .

На вивчення було поставлено три способи боротьби з бур'янами. Механізований спосіб передбачав проведення післяпосівного боронування легкими боронами та дворазової культивуації міжрядь у період вегетації сорго. Хімічний спосіб включав досходову обробку посіву гербіцидом Хортус (д.р. ацетохлор, 2 л/га) з наступним вегетаційним внесенням системного гербіциду Агент (д.р. флорасулам, 0,5 л/га). Комбінований спосіб поєднував застосування ґрунтового гербіциду Хортус (2 л/га) з механічними заходами – боронуванням і міжрядними культивуаціями.

На зрошуваних ділянках упродовж вегетаційного періоду проводили чотири поливи зрошувальною нормою 2000 м<sup>3</sup>/га дощувальним агрегатом ДДА-100МА. Дослід закладали методом розщеплених ділянок [4]. Облікова площа ділянки становила 20 м<sup>2</sup>. Облік бур'янів у варіантах дослідів здійснювали кількісним методом.

**Результати досліджень.** Обстеження посівів у досліді показало, що домінуючими видами бур'янів у посівах сорго зернового були представники дводольних видів: березка польова (*Convolvulus arvensis* L.), лобода біла (*Chenopodium album* L.), щириця звичайна (*Amaranthus retroflexus* L.) та амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.); із злакових видів – плоскуха звичайна (*Echinochloa crus-galli* L.) та мишій сизий (*Setaria glauca* L.).

На фоні значної видової різноманітності та високого рівня засміченості посівів ефективність застосовуваних способів боротьби з бур'янами суттєво відрізнялась залежно від варіанту дослідів (табл. 1).

Найменшу забур'яненість посівів забезпечували хімічний та комбінований способи захисту. В умовах богарного (неполивного) землеробства за вирощування гібридів Арскі і Фоєн ефективність хімічного методу захисту на період викидання волоті досягала 100%. На зрошенні цей показник становив 98,5% при наявності бур'янів у фазі 3–5 листків 66–68 шт./м<sup>2</sup>.

Комбінований спосіб захисту забезпечував зниження кількості бур'янів: в умовах богари – на 94%, на зрошенні – на 92–93% відповідно по гібридах, при щільності бур'янів у фазі 3–5 листків 74–78 шт./м<sup>2</sup>.

Застосування різних способів захисту посівів від забур'яненості не впливало на дати появи сходів – період від сівби до сходів за всіма варіантами дослідів становив

Таблиця 1

Забур'яненість посівів сорго залежно від прийомів догляду

| Гібриди (В)      | Спосіб боротьби з бур'янами (С) | Кількість бур'янів у фазах, шт./м² |              | Ефективність, % |
|------------------|---------------------------------|------------------------------------|--------------|-----------------|
|                  |                                 | 3-5 листків                        | викид волоті |                 |
| Без зрошення (А) |                                 |                                    |              |                 |
| Арскі            | Контроль                        | 95                                 | 108          | -               |
|                  | Хімічний                        | 68                                 | 0            | 100,0           |
|                  | Механізований                   | 75                                 | 18           | 76,0            |
|                  | Комбінований                    | 78                                 | 5            | 93,6            |
| Фосн             | Контроль                        | 97                                 | 109          | -               |
|                  | Хімічний                        | 66                                 | 0            | 100,0           |
|                  | Механізований                   | 73                                 | 19           | 74,0            |
|                  | Комбінований                    | 76                                 | 4            | 94,7            |
| На зрошенні (А)  |                                 |                                    |              |                 |
| Арскі            | Контроль                        | 94                                 | 110          |                 |
|                  | Хімічний                        | 67                                 | 1            | 98,5            |
|                  | Механізований                   | 72                                 | 17           | 76,4            |
|                  | Комбінований                    | 77                                 | 6            | 92,2            |
| Фосн             | Контроль                        | 95                                 | 113          |                 |
|                  | Хімічний                        | 68                                 | 1            | 98,5            |
|                  | Механізований                   | 71                                 | 17           | 76,1            |
|                  | Комбінований                    | 74                                 | 5            | 93,2            |

Таблиця 2

Вплив способу боротьби з бур'янами на тривалість міжфазних періодів розвитку рослин сорго зернового

| Гібриди (В)      | Захист від бур'янів (С) | Тривалість періодів розвитку |                    |                                |                         |
|------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------------------|-------------------------|
|                  |                         | сівба – сходи                | сходи викид волоті | викид волоті – повна стиглість | сходи – повна стиглість |
| Без зрошення (А) |                         |                              |                    |                                |                         |
| Арські           | Контроль                | 14                           | 55                 | -                              | -                       |
|                  | Хімічний                | 14                           | 49                 | 45                             | 94                      |
|                  | Механізований           | 14                           | 46                 | 42                             | 88                      |
|                  | Комбінований            | 14                           | 46                 | 44                             | 89                      |
| Фосен            | Контроль                | 14                           | 67                 | -                              | -                       |
|                  | Хімічний                | 14                           | 60                 | 53                             | 113                     |
|                  | Механізований           | 14                           | 57                 | 50                             | 107                     |
|                  | Комбінований            | 14                           | 57                 | 50                             | 107                     |
| При зрошенні (А) |                         |                              |                    |                                |                         |
| Арські           | Контроль                | 14                           | 58                 | 60                             | 118                     |
|                  | Хімічний                | 14                           | 52                 | 52                             | 104                     |
|                  | Механізований           | 14                           | 49                 | 49                             | 98                      |
|                  | Комбінований            | 14                           | 50                 | 50                             | 100                     |
| Фосен            | Контроль                | 14                           | 68                 | 62                             | 130                     |
|                  | Хімічний                | 14                           | 64                 | 56                             | 120                     |
|                  | Механізований           | 14                           | 60                 | 54                             | 114                     |
|                  | Комбінований            | 14                           | 62                 | 54                             | 116                     |

14 діб (табл. 2). Проте в подальшому зростання кількості бур'янів на контрольному варіанті призводило до помітної затримки росту і розвитку рослин сорго. В умовах богарного землеробства унаслідок посиленої конкуренції з бур'янами та недостатнього зволоження рослини сорго після фази викидання волоті були неспроможні до повноцінного формування біомаси.

Механізований спосіб боротьби з бур'янами забезпечував найбільше скорочення міжфазних інтервалів і загального вегетаційного періоду в обох гібридів незалежно від умов вологозабезпечення. За природного зволоження тривалість вегетації становила: у гібриду Арскі – 88 діб, у гібриду Фосен – 107 діб; в умовах зрошення – відповідно 98 та 114 діб.



За комбінованого способу захисту посівів тривалість вегетаційного періоду гібридів в умовах богари наближалась до рівня варіанту з механізованим доглядом, а в умовах зрошення перевищувала його лише на 2 доби. Хімічний спосіб захисту збільшував період від сходів до повної стиглості зерна порівняно з механізованим на 6 діб.

Найтриваліший вегетаційний період спостерігався на зрошуваних ділянках без захисту посівів і становив: у гібриду Арскі – 118 діб, у гібриду Фоєн – 130 діб.

Застосування способів захисту в умовах зрошення скорочувало вегетаційний період ранньостиглого гібриду Арскі порівняно з незахищеним контролем: за хімічного захисту – на 14 діб; за механізованого – на 20 діб; за комбінованого – на 18 діб.

У середньостиглого гібриду Фоєн скорочення вегетаційного періоду становило відповідно: за хімічного захисту – на 10 діб; за механізованого – на 16 діб; за комбінованого – на 14 діб.

Застосування способів захисту посівів від бур'янів сприяло суттєвому покращенню структури врожаю сорго зернового. Найбільша кількість насінин у волоті та маса зерна з 1 м<sup>2</sup> посіву формувались на ділянках гібриду Фоєн незалежно від умов вологозабезпечення (табл. 3 і 4).

В неполивних умовах та умов захисту посівів від бур'янів кількість волотей на 1 м<sup>2</sup> зростала у гібриду Арскі у 1,4–1,6 рази – до 18–21 шт., а у гібриду Фоєн – у 1,4–1,9 рази, досягаючи 16–21 шт. Кількість насінин у волоті ранньостиглого гібриду Арскі збільшувалась у 1,9–2,0 рази і становила 641,0–656,2 шт., тоді як у середньопізнього гібриду Фоєн цей показник зростав інтенсивніше – у 2,3–2,5 рази, досягаючи 760,1–843,8 шт. Збільшення кількості насінин закономірно позначалось і на масі зерна з волоті: у гібриду Арскі вона зростала у 2,1–2,2 рази, у гібриду Фоєн – у 2,2–2,4 рази залежно від застосовуваного способу боротьби з бур'янами.

За умов захисту посівів від забур'яненості в умовах природного зволоження маса 1000 насінин збільшувалась у гібриду Арскі на 15,1–18,0%, у гібриду Фоєн – на

7,1–10,3%.

Унаслідок застосування заходів боротьби з бур'янами маса зерна з 1 м<sup>2</sup> посіву зростала у ранньостиглого гібриду Арскі у 2,5–3,1 рази, а у середньораннього гібриду Фоєн – у 2,8–3,4 рази. Серед досліджуваних систем захисту в умовах богарного землеробства комбінований спосіб забезпечував формування найбільшої маси зерна з 1 м<sup>2</sup> посівної площі.

Суттєве покращення структури врожаю за застосування захисту посівів від бур'янів спостерігалось також і в умовах зрошення, однак за дещо меншої інтенсивності наростання кількості насінин у волоті та їх маси з 1 м<sup>2</sup> посіву (табл. 4).

На зрошуваних ділянках застосування різних способів боротьби з бур'янами збільшувало кількість волотей на 1 м<sup>2</sup> посіву у ранньостиглого гібриду Арскі у 1,9–2,3 рази, а у середньораннього гібриду Фоєн – у 1,7–2,0 рази, при цьому абсолютна кількість волотей в обох гібридів становила 25–30 шт. Кількість насінин у волоті зростала на 15,5–28,2%, маса зерна в одній волоті збільшувалась у 1,2–1,5 рази, а маса зерна з 1 м<sup>2</sup> посіву – у 2,0–2,8 рази порівняно з незахищеним контролем. В умовах зрошення маса 1000 насінин за захисту посівів сорго від забур'яненості збільшувалась лише у гібриду Арскі – на 3,0–19,5%, тоді як у гібриду Фоєн цей показник суттєво не змінювався.

Найефективнішим на зрошуваних ділянках виявився хімічний спосіб захисту посівів від бур'янів, який забезпечував формування найбільшої кількості волотей на 1 м<sup>2</sup> посівної площі – 30 шт. – та найвищу масу зерна: у гібриду Арскі – більше на 17,6%, у гібриду Фоєн – на 18,7% порівняно з механізованим способом, і більше на 8,3–8,9% порівняно з комбінованим захистом.

Захист посівів від забур'яненості впливав на урожайність зерна сорго (табл. 5). У середньому за роки досліджень при вирощуванні гібриду Арскі в умовах богари застосування засобів боротьби з бур'янами підвищувало врожайність з 1,16 т/га на контролі до 2,88–3,53 т/га, а гібриду Фоєн – з 1,26 до 3,47–4,31 т/га. Найвищий врожай зерна формувався за комбінованого

Таблиця 3

## Структура врожаю сорго залежно від способу боротьби з бур'янами за неполивних умов

| Захист від бур'янів       | Маса зерна, г |                 | Кількість насіння з однієї волоті, шт. | Довжина волоті, см | Кількість волотей шт./ м² | Вага 1000 насінин, г |
|---------------------------|---------------|-----------------|----------------------------------------|--------------------|---------------------------|----------------------|
|                           | з 1 м²        | з однієї волоті |                                        |                    |                           |                      |
| Арскі                     |               |                 |                                        |                    |                           |                      |
| Контроль                  | 121,3         | 8,4             | 334,6                                  | 22                 | 13                        | 23,9                 |
| Хімічний                  | 301,9         | 17,4            | 641,0                                  | 23                 | 19                        | 27,5                 |
| Механізований             | 336,5         | 18,5            | 656,2                                  | 24                 | 18                        | 28,1                 |
| Комбінований              | 370,7         | 18,0            | 642,2                                  | 24                 | 21                        | 28,2                 |
| Фоєн                      |               |                 |                                        |                    |                           |                      |
| Контроль                  | 131,8         | 9,4             | 336,5                                  | 21                 | 11                        | 25,3                 |
| Хімічний                  | 364,4         | 23,0            | 843,8                                  | 25                 | 16                        | 27,5                 |
| Механізований             | 433,1         | 20,6            | 760,1                                  | 26                 | 21                        | 27,1                 |
| Комбінований              | 452,0         | 22,3            | 797,4                                  | 25                 | 20                        | 27,9                 |
| $\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$ | 342,8+107,1   | 19,1+4,6        | 625,4+221,2                            | 22,8+4,8           | 15,4+ 3,9                 | 21,9+4,7             |

Таблиця 4

Структури врожаю сорго залежно від способу боротьби з бур'янами при зрошенні

| Захист від бур'янів       | Маса зерна, г |                 | Кількість насінин з волоті, шт. | Довжина волоті, см | Кількість волотей, шт./м² | Маса 1000 насінин, г |
|---------------------------|---------------|-----------------|---------------------------------|--------------------|---------------------------|----------------------|
|                           | з 1 м²        | з однієї волоті |                                 |                    |                           |                      |
| Арські                    |               |                 |                                 |                    |                           |                      |
| Контроль                  | 268,8         | 18,2            | 823,5                           | 22                 | 13                        | 23,1                 |
| Хімічний                  | 763,9         | 25,8            | 951,0                           | 25                 | 30                        | 27,6                 |
| Механізований             | 649,4         | 25,1            | 1055,5                          | 25                 | 25                        | 23,8                 |
| Комбінований              | 705,6         | 26,8            | 1013,6                          | 26                 | 26                        | 26,7                 |
| Фосен                     |               |                 |                                 |                    |                           |                      |
| Контроль                  | 363,1         | 23,9            | 948,7                           | 23                 | 15                        | 25,6                 |
| Хімічний                  | 856,8         | 29,0            | 1157,5                          | 27                 | 30                        | 25,5                 |
| Механізований             | 721,9         | 28,0            | 1136,4                          | 25                 | 25                        | 24,4                 |
| Комбінований              | 786,5         | 29,6            | 1142,6                          | 25                 | 25                        | 26,0                 |
| $\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$ | 342+107,1     | 19,1+4,6        | 625,4+221,2                     | 22,8+4,8           | 15,4+3,9                  | 21,9+4,7             |

Таблиця 5

Продуктивність гібридів сорго залежно від способу боротьби з бур'янами (середнє за 2016-2018 роки)

| Гібриди (В)      | Захист від бур'янів (С) | Урожайність зерна, т/га | Вихід, т/га |       | Вміст, % |       |
|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|-------|----------|-------|
|                  |                         |                         | к. од.      | п. п. | крохмалю | білку |
| Без зрошення (А) |                         |                         |             |       |          |       |
| Арські           | Контроль                | 1,16                    | 1,57        | 0,09  | 74,6     | 9,7   |
|                  | Хімічний                | 2,88                    | 3,92        | 0,20  | 71,0     | 9,7   |
|                  | Механізований           | 3,21                    | 4,39        | 0,24  | 75,8     | 10,5  |
|                  | Комбінований            | 3,53                    | 4,85        | 0,25  | 75,4     | 9,9   |
| Фоєн             | Контроль                | 1,26                    | 1,73        | 0,09  | 70,1     | 9,9   |
|                  | Хімічний                | 3,47                    | 4,74        | 0,26  | 69,5     | 10,5  |
|                  | Механізований           | 4,12                    | 5,68        | 0,33  | 70,8     | 11,1  |
|                  | Комбінований            | 4,31                    | 5,92        | 0,34  | 70,9     | 10,9  |
| При зрошенні (А) |                         |                         |             |       |          |       |
| Арські           | Контроль                | 2,56                    | 3,55        | 0,16  | 73,3     | 8,7   |
|                  | Хімічний                | 7,28                    | 9,93        | 0,45  | 71,8     | 8,8   |
|                  | Механізований           | 6,19                    | 8,57        | 0,43  | 73,6     | 9,9   |
|                  | Комбінований            | 6,72                    | 9,21        | 0,42  | 72,0     | 8,9   |
| Фоєн             | Контроль                | 3,53                    | 4,85        | 0,20  | 71,6     | 8,2   |
|                  | Хімічний                | 8,16                    | 11,26       | 0,48  | 70,8     | 8,2   |
|                  | Механізований           | 6,88                    | 9,42        | 0,49  | 72,5     | 10,1  |
|                  | Комбінований            | 7,49                    | 10,30       | 0,49  | 72,1     | 9,2   |

НІР<sub>ос</sub> А 0,37 т/га

В 0,11 т/га

С 0,20 т/га

методу захисту і становив у гібриду Арскі 3,53 т/га, у гібриду Фоєн – 4,31 т/га.

Застосування хімічного захисту в умовах природного вологозабезпечення забезпечувало дещо нижчий вихід зерна порівняно з комбінованим способом – на 0,65 т/га у гібриду Арскі та на 0,84 т/га у гібриду Фоєн. За механізованого способу захисту різниця з комбінованим варіантом була незначною і становила відповідно 0,32 і 0,19 т/га при НСР<sub>ос</sub> 0,11 т/га.

Застосування способів боротьби з бур'янами в умовах зрошення підвищувало врожайність зерна гібриду Арскі у 2,4–2,8 рази, гібриду Фоєн – у 1,9–2,3 рази порівняно з незахищеним контролем. Найвищий врожай

зерна на зрошенні забезпечував хімічний спосіб захисту: у агроценозі гібриду Арскі він становив 7,28 т/га, гібриду Фоєн – 8,16 т/га. За комбінованого способу врожайність знижувалась порівняно з хімічним на 0,56 і 0,67 т/га, а за механізованого – на 1,09 і 1,28 т/га відповідно по гібридах при НСР<sub>ос</sub> 0,20 т/га.

Аналогічна закономірність простежувалась і щодо кормової цінності зерна. Захист посівів від забур'яненості в умовах зрошення забезпечував зростання виходу кормових одиниць у 1,9–2,8 рази залежно від застосованого способу боротьби з бур'янами. Найбільший вихід кормових одиниць досягався за хімічного способу захисту і становив у гібриду Арскі – 9,93 т/га, у гібриду

Фоєн – 11,26 т/га, що перевищувало варіант контролю на 6,38 і 6,41 т/га, варіант із комбінованим способом – на 0,72 і 0,96 т/га, варіант із механізованим способом – на 1,36 і 1,84 т/га відповідно.

Вихід перетравного протеїну за умов зрошення також суттєво зростає із застосуванням захисту посівів: у гібриду Арскі – у 2,6–2,8 рази, у гібриду Фоєн – у 2,4–2,5 рази порівняно з незахищеним контролем.

В умовах богари із застосуванням заходів захисту посівів від забур'яненості вихід кормових одиниць у гібриду Арскі зростає у 2,5–3,1 рази, а у гібриду Фоєн – у 2,7–3,4 рази. Вихід перетравного протеїну збільшувався відповідно у гібриду Арскі – у 2,2–2,8 рази, у гібриду Фоєн – у 2,9–3,8 рази порівняно з незахищеним контролем.

Найвищий вихід кормових одиниць та перетравного протеїну забезпечував комбінований спосіб захисту: у гібриду Арскі ці показники становили відповідно 4,85 і 0,25 т/га, у гібриду Фоєн – 5,92 і 0,34 т/га. За механізованого способу захисту вихід кормових одиниць знижувався порівняно з комбінованим на 0,46 т/га у гібриду Арскі та на 0,24 т/га у гібриду Фоєн, а за хімічного способу – на 0,93 і 1,18 т/га відповідно.

Вміст крохмалю в зерні сорго мав тенденцію до зниження за використання хімічного способу захисту, тоді як вміст білку – до зростання за механізованого та комбінованого способів боротьби з бур'янами незалежно від умов вологозабезпечення.

**Висновки.** Вирощування гібридів сорго зернового Арскі та Фоєн в умовах зрошення засвідчило найвищу ефективність хімічного методу боротьби з бур'янами, що передбачав досходову обробку посівів гербіцидом Хортус (2 л/га) з наступним вегетаційним застосуванням гербіциду Агент (0,5 л/га). Зазначена система захисту забезпечувала зниження забур'яненості посіву на 98% та формування максимальної врожайності зерна: у гібриду Арскі – 7,28 т/га, у гібриду Фоєн – 8,16 т/га, а також найвищі показники виходу кормових одиниць і перетравного протеїну з одиниці площі.

В умовах богарного (неполивного) землеробства найефективнішим виявився комбінований метод захисту посівів від бур'янів, що поєднував застосування ґрунтового гербіциду Хортус (2 л/га) з механічними заходами – післяпосівним боронуванням та міжрядними культиваціями. За цього варіанту захисту забур'яненість посіву знижувалась на 94%, а врожайність зерна становила: гібрид Арскі – 3,53 т/га, гібрид Фоєн – 4,31 т/га при вищій кормовій цінності отриманої продукції порівняно з іншими варіантами дослідів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бунь Л. Верблюд рослинного царства. Агро Перспектив, 2009. № 12. С. 54–59.
2. Григоренко Н.О. Цукрове сорго дає високі й стабільні врожаї зерна та зеленої маси за складних кліматичних умов. Зерно і хліб. 2011. № 3. С. 48–49.
3. Красненко С.В. Наукове обґрунтування оптимізації технології вирощування сорго в умовах недостатнього і нестійкого зволоження північного Степу України: автореф. дис. докт. с.-х. наук. Дніпропетровськ. 1999. 35 с.

4. Манько Ю. П., Цюк О. А., Павлов О. С. Методологія, методи і методика досліджень в агрономії: навчальний посібник. Вінниця. ТОВ «Нілан ЛТД», 2016. 96 с.
5. Площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур, плодів, ягід та винограду у 2016 році. Статистичний бюлетень. Київ, 2017. 68 с.
6. Семенов С.С. Тестування системи хімічного захисту посівів сорго від фітофармів в умовах Степу. Таврійський науковий вісник. 2024 р. № 140. С. 224–231. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.29>
7. Сторожик Л.І. Перспективи вирощування сорго цукрового як альтернативного джерела енергії. Цукрові буряки. 2011. № 2. С. 20–21.
8. Tkalych Yu. I., Tsyliuryk O. I., Havryushenko O. M., Mytsyk O. O., Kozhechko V. I., Rudakov Yu. M., Tkalych O. H., Honchar N. V. Weed chemical control in grain sorghum at the steppe zone of Ukraine. Ecological Questions. 2023. Vol. 34, № 2. P. 109–115. <https://doi.org/10.12775/EQ.2023.023>
9. Contreras D., Leon R.G., Post A.R., Everman W.J. Critical period of grass weed control in ALS-tolerant grain sorghum (*Sorghum bicolor*) is affected by planting date and environment // Frontiers in Agronomy. 2022. Vol. 4. Article 1014801. <https://doi.org/10.3389/fagro.2022.1014801>
10. Dille J.A., Stahlman P.W., Thompson C.R., Bean B.W., Soltani N., Sikkema P.H. Potential yield loss in grain sorghum (*Sorghum bicolor*) with weed interference in the United States. Weed Technology. 2020. Vol. 34. P. 624–629. <https://doi.org/10.1017/wet.2020.12>
11. Norsworthy J.K. et al. Weed Management Programs in Grain Sorghum (*Sorghum bicolor*). Agriculture (MDPI). 2019. Vol. 9, № 8. Article 182. <https://doi.org/10.3390/agriculture9080182>
12. Pandian B.A., Sexton-Bowser S., Prasad P.V.V., Jugulam M. Current status and prospects of herbicide-resistant grain sorghum (*Sorghum bicolor*). Pest Management Science. 2022. Vol. 78, № 2. P. 409–415. <https://doi.org/10.1002/ps.6644>
13. Peerzada A.M., Ali H.H., Chauhan B.S. Weed management in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] using crop competition: A review. Crop Protection. 2017. Vol. 95. P. 74–80. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.04.021>
14. Pimentel G.V., Guimarães D.F., Moreira S.G. et al. Selectivity and Effectiveness of Herbicides in the Grain Sorghum Crop. Advances in Weed Science (Planta Daninha). 2019. Vol. 37. e019187771. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0100-83582019370100067>
15. Selectivity of Herbicides Applied Isolated and in Combinations in Grain Sorghum // ACS Omega. 2025. <https://doi.org/10.1021/acsomega.5c02778>

#### REFERENCES:

1. Bun, L. (2009). Verblud roslinnoho tsarstva [Camel of the plant kingdom]. *Ahro Perspektyv*, (12), 54–59. [in Ukrainian]
2. Hryhorenko, N. O. (2011). Tsukrove sorho daie vysoki y stabilni vrozhai zerna ta zelenoi masy za skladnykh klimatichnykh umov [Sugar sorghum gives high and stable yields of grain and green mass under difficult climatic conditions]. *Zerno i khlib*, (3), 48–49. [in Ukrainian]
3. Krasnyenkov, S. V. (1999). *Naukove obgruntuvannya optymizatsii tekhnolohii vyroshchuvannya sorho*

- v umovakh nedostatnoho i nestiikoho zvolozhennia pivnichnoho Stepu Ukrainy* [Scientific justification for the optimization of sorghum cultivation technology in conditions of insufficient and unstable moisture in the northern Steppe of Ukraine] [Doctoral dissertation, Dnipropetrovsk]. [in Ukrainian].
4. Manko Yu.P., Tsiuk O.A., Pavlov O.S. (2016). *Metodolohiia, metody i metodyka doslidzhen v ahronomii: navchalnyi posibnyk* [Methodology, methods and research technique in agronomy]. Nilan LTD. [in Ukrainian]
  5. State Statistics Service of Ukraine. (2017). *Ploshchi, valovi zbory ta urozhainist silskohospodarskykh kultur, plodiv, yahid ta vynohradu u 2016 rotsi* [Areas, gross harvests and yields of crops, fruits, berries and grapes in 2016]. Kyiv. [in Ukrainian]
  6. Semenov, S. S. (2024). Testuvannya systemy khimichnoho zakhystu posiviv sorho vid fitofahiv v umovakh Stepu [Testing the chemical protection system of sorghum crops against phytophages in Steppe conditions]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, (140), 224–231. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.29> [in Ukrainian]
  7. Storozhyk, L. I. (2011). Perspektivy vyroshchuvannya sorho tsukrovoho yak alternatyvnoho dzherela enerhii [Prospects for growing sweet sorghum as an alternative energy source]. *Tsukrovi buriaky*, (2), 20–21. [in Ukrainian]
  8. Tkalych, Yu. I., Tsyliuryk, O. I., Havryushenko, O. M., Mytsyk, O. O., Kozhechko, V. I., Rudakov, Yu. M., Tkalych, O. H., & Honchar, N. V. (2023). Weed chemical control in grain sorghum at the steppe zone of Ukraine. *Ecological Questions*, 34(2), 109–115. <https://doi.org/10.12775/EQ.2023.023>
  9. Contreras, D., Leon, R. G., Post, A. R., & Everman, W. J. (2022). Critical period of grass weed control in ALS-tolerant grain sorghum (*Sorghum bicolor*) is affected by planting date and environment. *Frontiers in Agronomy*, 4, 1014801. <https://doi.org/10.3389/fagro.2022.1014801>
  10. Dille, J.A., Stahlman, P.W., Thompson, C.R., Bean, B.W., Soltani, N., & Sikkema, P. H. (2020). Potential yield loss in grain sorghum (*Sorghum bicolor*) with weed interference in the United States. *Weed Technology*, 34, 624–629. <https://doi.org/10.1017/wet.2020.12>
  11. Norsworthy, J. K., et al. (2019). Weed management programs in grain sorghum (*Sorghum bicolor*). *Agriculture*, 9(8), 182. <https://doi.org/10.3390/agriculture9080182>
  12. Pandian, B. A., Sexton-Bowser, S., Prasad, P. V. V., & Jugulam, M. (2022). Current status and prospects of herbicide-resistant grain sorghum (*Sorghum bicolor*). *Pest Management Science*, 78 (2), 409–415. <https://doi.org/10.1002/ps.6644>
  13. Peerzada, A. M., Ali, H. H., & Chauhan, B. S. (2017). Weed management in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] using crop competition: A review. *Crop Protection*, 95, 74–80. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.04.021>
  14. Pimentel, G. V., Guimarães, D. F., Moreira, S. G., et al. (2019). Selectivity and effectiveness of herbicides in the grain sorghum crop. *Advances in Weed Science (Planta Daninha)*, 37, e019187771. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582019370100067>
  15. Selectivity of herbicides applied isolated and in combinations in grain sorghum. (2025). *ACS Omega*. 2025. <https://doi.org/10.1021/acsomega.5c02778>
- Гетман Н.Я., Василенко Р.М., Бурко Л.М., Чепернатий Є.В., Гук І.М. Ефективність способів боротьби з бур'янами на посівах сорго за різних умов вологозабезпечення
- Виявлено ефективність застосування хімічного, механізованого та комбінованого способів боротьби з бур'янами у посівах сорго зернового та їх вплив на розвиток рослин, структуру врожаю й продуктивність зерна за різних умов вологозабезпечення. Польовий дослід проводили на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства (нині – Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства) НААН України впродовж 2016–2018 років на темно-каштановому середньо-суглинковому слабосолонцюватому ґрунті. Висівали ранньостиглий гібрид Арскі та середньоранній гібрид Фоєн у першій декаді травня широкорядним способом з шириною міжряддя 70 см в умовах як богарного, так і зрошуваного землеробства.
- Обстеження посівів у досліді показало, що домінуючими видами бур'янів у посівах сорго зернового були представники дводольних видів: березка польова (*Convolvulus arvensis* L.), лобода біла (*Chenopodium album* L.), щириця звичайна (*Amaranthus retroflexus* L.) та амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.); із злакових видів – плоскуха звичайна (*Echinochloa crus-galli* L.) та мишій сизий (*Setaria glauca* L.).
- Встановлено, що найефективнішим методом захисту зрошуваних посівів сорго зернового від бур'янів є хімічний – досходова обробка посіву гербіцидом Хортус (2 л/га) з наступним вегетаційним внесенням гербіциду Агент (0,5 л/га), тоді як в умовах богарного землеробства перевагу має комбінований метод – застосування ґрунтового гербіциду Хортус (2 л/га) у поєднанні з після-посівним боронуванням та міжрядними культиваціями. Зазначені системи захисту знижували забур'яненість посівів на 98 і 94% відповідно та забезпечували формування найвищої врожайності зерна: у гібриду Арскі – 7,28 і 3,53 т/га, у гібриду Фоєн – 8,16 і 4,31 т/га з найбільшим виходом кормових одиниць та перетравного протеїну.
- В умовах богарного землеробства найефективнішим виявився комбінований метод захисту посівів від бур'янів, що поєднував застосування ґрунтового гербіциду Хортус (2 л/га) з механічними заходами – після-посівним боронуванням та міжрядними культиваціями. За цього варіанту захисту забур'яненість посіву знижувалась на 94%, а врожайність зерна становила: гібрид Арскі – 3,53 т/га, гібрид Фоєн – 4,31 т/га при вищій кормовій цінності отриманої продукції.
- Застосування способів захисту посівів від бур'янів сприяло суттєвому покращенню структури врожаю. На зрошенні хімічний метод забезпечив формування 30 волотей/м<sup>2</sup> у обох гібридів, при цьому маса зерна з 1 м<sup>2</sup> зросла у 2,0–2,8 раза порівняно з контролем. Кількість насінин у волоті збільшилась на 15,5–28,2%, а маса зерна з волоті зросла в 1,2–1,5 раза. Урожайність зерна на зрошенні за хімічного захисту перевищила показники механічного способу на 1,09–1,28 т/га, а комбінованого – на 0,56–0,67 т/га ( $HIP_{0,05} = 0,20$  т/га).
- Найбільший вихід кормових одиниць досягався за хімічного способу захисту і становив у гібриду Арскі 9,93 т/га, у гібриду Фоєн 11,26 т/га, що перевищувало варіант контролю на 6,38 і 6,41 т/га. Вихід перетравного протеїну в умовах зрошення збільшився у 2,4–2,8 раза порівняно з контролем.
- Ключові слова:** сорго зернове, способи захисту від бур'янів, зрошення, урожайність зерна, кормова цінність.

**Hetman N.Ya., Vasylenko R.M., Burko L.M., Chepernaty Ye.V., Huk I.M. Efficiency of weed control methods in sorghum crops under different moisture conditions**

The effectiveness of chemical, mechanical, and combined weed control methods in grain sorghum crops and their influence on plant development, yield structure, grain productivity, and fodder value under different moisture conditions were investigated. Field experiments were conducted at the research farm of the Institute of Irrigated Agriculture (currently the Institute of Climate-Oriented Agriculture) of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine during 2016–2018 on dark chestnut medium loamy slightly solonchak soil. Early-maturing hybrid Arsky and mid-early hybrid Foen were sown in the first decade of May in wide-row pattern with 70 cm inter-row spacing under both irrigated and rainfed conditions.

Surveys of crop stands revealed that the dominant weed species in grain sorghum crops were field bindweed (*Convolvulus arvensis* L.), common lambsquarters (*Chenopodium album* L.), redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.), and common ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.); among grass weeds – barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* L.) and yellow foxtail (*Setaria glauca* L.).

It was established that the most effective weed control method for irrigated grain sorghum crops is the chemical method – pre-emergence application of herbicide Khortus (a.i. acetochlor, 2 L/ha) followed by post-emergence application of systemic herbicide Agent (a.i. florasulam, 0.5 L/ha).

This system reduced weed infestation by 98% and ensured maximum grain yield of hybrid Arsky – 7.28 t/ha and hybrid Foen – 8.16 t/ha, with the highest output of feed units and digestible protein per hectare.

Under rainfed conditions, the combined method proved most effective – application of soil herbicide Khortus (2 L/ha) in combination with post-sowing harrowing and inter-row cultivation. This approach reduced weed density by 94% and provided the highest grain yield: hybrid Arsky – 3.53 t/ha, hybrid Foen – 4.31 t/ha with superior fodder value of the harvested grain.

Weed control systems significantly improved yield structure components. Under irrigation, the chemical method ensured the formation of 30 panicles/m<sup>2</sup> in both hybrids, with a 2.0–2.8-fold increase in grain mass per m<sup>2</sup> compared to unprotected control. The number of seeds per panicle increased by 15.5–28.2%, and panicle grain mass grew 1.2–1.5 times. Grain yield under irrigation with chemical protection exceeded the mechanical method by 1.09–1.28 t/ha and the combined method by 0.56–0.67 t/ha ( $LSD_{0.05} = 0.20$  t/ha).

The output of feed units under irrigation reached 9.93 t/ha for hybrid Arsky and 11.26 t/ha for hybrid Foen under chemical protection, exceeding the unprotected control by 6.38–6.41 t/ha. Digestible protein yield increased 2.4–2.8 times compared to control under irrigated conditions.

**Key words:** grain sorghum, weed control methods, weed infestation, irrigation, rainfed farming, grain yield, fodder value.

Дата першого надходження статті до видання: 27.04.2026  
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026  
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## ВПЛИВ НОРМИ ВИСІВУ РІПАКУ ОЗИМОГО НА ЗБЕРЕЖЕНІСТЬ РОСЛИН ТА УРОЖАЙНІСТЬ ПОСІВУ

**ДІДУР І.М.** – доктор сільськогосподарських наук, професор  
[orcid.org/0000-0002-6612-6592](https://orcid.org/0000-0002-6612-6592)

Вінницький національний аграрний університет

**БАНУЛ С.О.** – аспірант кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії  
[orcid.org/0009-0001-4655-7889](https://orcid.org/0009-0001-4655-7889)

Вінницький національний аграрний університет

**Постановка проблеми.** Для досягнення високих врожаїв ріпаку озимого необхідно враховувати біологічні особливості сучасних сортів і гібридів, вплив факторів навколишнього середовища, а також усі аспекти технологій вирощування. Наукові дослідження підтверджують, що нехтування окремими елементами в процесі вирощування озимого ріпаку спричиняє зниження його продуктивності [1].

Дотримання рекомендованих норм висіву залишається важливим аспектом технології вирощування ріпаку озимого, але через об'єктивні обставини часто потребує внесення змін [2].

Загущені посіви ріпаку озимого нерідко стають причиною зниження його урожайності через такі фактори, як погіршення розвитку окремих рослин, ослаблений розвиток кореневої системи, вищу ймовірність втрати окремих рослин, збільшення сприйнятливості до захворювань [3].

За сприятливих умов для отримання дружніх сходів норму висіву можливо зменшити. Недоліки у підготовці насіннєвого ложа можна компенсувати лише до певної міри шляхом підвищення норми висіву. Чим сприятливішими є погодні умови для сівби й появи сходів, тим більше допускається зниження норми висіву [4].

Необґрунтоване перевищення норми висіву призводить до посиленої біологічної конкуренції між рослинами під час їх росту і розвитку в осінній період. Це викликає витягування рослин, винесення точки росту та кореневої шийки на поверхню ґрунту. У загущених посівах знижується біологічний потенціал продуктивності рослин, а також спостерігається підвищення на 10–30% їх сприйнятливості до шкідників і хвороб [5].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Норма висіву озимого ріпаку залежить від сорту/гібриду, ґрунтово-кліматичних умов та строків сівби, коливаючись від 0,5–0,7 млн схожих насінин/га (2–4 кг/га) для гібридів до 1–1,2 млн/га (4–6 кг/га) для сортів, з орієнтиром на передзбиральну густоту 20–50 рослин/м<sup>2</sup>. При запізненні з сівбою норму збільшують на 20–50% для компенсації зрідженості [6].

Оптимальна густота посіву ріпаку озимого залежить від стану розвитку рослин. У випадку пізнього посіву або за складних умов проростання, рослини можуть сформувати не більше восьми листків, тому необхідно

забезпечити густоту стояння на рівні 40–50 рослин на м<sup>2</sup>. За раннього посіву та сприятливих умов ріпак здатний виростити понад 12 листків, що може призвести до надмірного росту. У таких випадках важливо регулювати густоту, щоб вона не перевищувала 40 рослин на м<sup>2</sup>, а для кращого розподілу краще орієнтуватися на 25 рослин на м<sup>2</sup>. У той же час оптимальні показники густоти залежать і від типу: для гібридів рекомендується 30–60 рослин на м<sup>2</sup>, а для сортів – 80–100 рослин на м<sup>2</sup> [7].

Завищена норма висіву ріпаку озимого спричиняє витягування центрального стебла рослин. У таких умовах культури розвиваються рівномірно, однак їх регенеративні органи формуються при меншій довжині стебла. Це може призвести до некрозу кореневої шийки та загибелі рослин. У свою чергу, занижена норма висіву сприяє підвищенню рівня забур'яненості та недостатній густоті рослин на одиницю площі [8].

Завдяки потужному гілкуванню ріпак озимий здатний компенсувати недоліки у щільності стеблостою. Між часом сівби та густотою існує пряма залежність: зі спізненням строків посіву густоту необхідно збільшувати на 20–50%. Це пояснюється тим, що пізніші строки призводять до менш густих сходів, слабшої підготовленості рослин до зимівлі й меншої кількості бічних пагонів. Для отримання високого врожаю достатньо залишити на полі 20–50 рослин на квадратний метр за умови їх належного забезпечення поживними речовинами [9].

Перед настанням зими ріпак озимий має утворити приблизно 8–12 листків, а діаметр кореневої шийки повинен становити 8–12 мм. Пересів рекомендується проводити на ділянках, де густота рослин не перевищує 15 рослин на квадратний метр [10].

Оптимальна норма висіву ріпаку озимого становить 450–600 тисяч схожих насінин на гектар. Для надранніх і ранніх строків посіву норму слід зменшувати, тоді як за пізніших термінів необхідно збільшувати її на 10%. Крім того, норма висіву має бути скоригована відповідно до рівня підготовленості ґрунту та погодних умов під час сівби, враховуючи можливість її збільшення в разі якісної підготовки поля [11].

**Мета.** Враховуючи неоднозначність наукових тверджень щодо оптимальної норми висіву ріпаку озимого, метою наших досліджень було встановити таку норму висіву, яка забезпечуватиме найвищу урожайність посівів.



**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження проводили на експериментальних ділянках Науково-дослідного господарства «Агрономічне» Вінницького національного аграрного університету протягом 2024-2025 років. Облікова площа ділянки становила 25 м<sup>2</sup>, досліди проводили з чотириразовою повторністю. Ґрунт на ділянках представлений сірим опідзоленим середньо суглинковим типом. Попередньою культурою перед ріпаком озимим була пшениця озима. Основний обробіток ґрунту включав проведення оранки на глибину 22-25 см. Посів ріпаку проводили 15-20 серпня звичайним рядковим способом з шириною міжрядь 15 см.

Вивчали три варіанти норми висіву: 450 тис. шт. насінин/га, 550 тис. шт. насінин/га та 650 тис. шт. насінин/га. Вирощували гібрид ріпаку озимого ДК Ексіма. Система удобрення включала внесення  $N_{120}P_{60}K_{60}$  + мікродоброво Оракул колофермін бору, 3 л/га.

В період вегетації ріпаку озимого визначали діаметр кореневої шийки рослин та висоту точки росту над рівнем ґрунту на час припинення осінньої вегетації, динаміку густоту рослин у фазу повних сходів, на період весняного відновлення вегетації та перед збиранням урожаю, а також урожайність насіння.

**Результати досліджень.** Товщина кореневої шийки озимого ріпаку вважається важливим біометричним показником, який впливає на здатність рослини накопичувати поживні речовини, зокрема цукри, необхідні для успішного переживання зимового періоду. Оптимальний діаметр кореневої шийки для успішної перезимівлі ріпаку озимого становить 8–10 мм, у деяких випадках до 15 мм. Такі показники свідчать про добре розвинену кореневу систему та достатній рівень накопиченої запасних поживних речовин. Рослини з діаметром шийки менше 5–6 мм вважаються слабкими, характеризуються низькою морозостійкістю та мають значно нижчий потенціал урожайності.

Результати досліджень показали, що товщина кореневої шийки рослин ріпаку озимого перед зимівлю залежно від норми висіву становила 8,0-8,5 мм. Найтовстішою була коренева шийка за норми висіву 450 тис. шт. насінин/га, а найтоншою – за 650 тис. шт. насінин/га. Проте всі дослідні варіанти мали товщину кореневої шийки, достатню для успішної перезимівлі (табл. 1).

Для успішної зимівлі озимого ріпаку надзвичайно важливо, щоб точка росту (верхівкова брунька) розташовувалася якомога ближче до поверхні ґрунту. Оптимальним параметром висоти верхівкової бруньки має бути не вище 2–3 см над рівнем ґрунту. Якщо точка росту піднімається вище 3 см, ризик вимерзання рослин суттєво збільшується через втрату захисту від низьких

температур та вітру. Саме загущення посівів провокує конкуренцію рослин за світло, що зумовлює рослини витягуватися вгору. Добре розвинена коренева шийка й низьке розташування точки росту (1–3 см над поверхнею ґрунту) допомагають рослині успішно витримувати морози до мінус 15–19 °С на рівні ґрунту навіть за відсутності снігового покриву.

Висота точки росту над рівнем ґрунту у рослин ріпаку озимого залежно від норми висіву варіювала у діапазоні 2,29-2,45 см. Найменша вона була за найменшої норми висіву – 450 тис. шт. насінин/га, а найбільша – за найвищої густоти – 650 тис. шт. насінин/га. Проте на жодному із варіантів перевищень допустимих меж понад 3 см не спостерігалось. Тому за усіх норм висіву перезимівля має бути успішною.

Визначальний вплив норми висіву на зміну густоти посівів ріпаку озимого. Зокрема норма висіву впливала на польову схожість насіння. Найвищу польову схожість насіння ріпаку озимого було встановлено за норми висіву 450 тис. шт. насінин/га – 90,3 %, а найнижчу – за висіву 650 тис. шт. насінин/га – 86,8 %. Відповідно найбільшу густоту сходів сформував варіант з висівом 650 тис. шт. насінин/га – 564,20 тис. шт. рослин/га, а найменшу – варіант висіву 450 тис. шт. насінин/га – 406,35 тис. шт. рослин/га (табл. 2).

За період зимівлі відбулося зрідження посівів ріпаку озимого. Найбільше, відносно сівби зменшилась густота рослин з варіанту висіву 650 тис. шт. насінин/га і склала 76,8 % збережених рослин від кількості висіяного насіння, а найменше – з варіанту сівби 450 тис. шт. насінин/га з величиною збереження рослин 87,0 %. Відносно отриманих сходів, найбільше зрідження за зимовий період мав варіант з нормою висіву 650 тис. шт. насінин/га – 10 %, а найменше – з варіанту висіву 450 тис. шт. насінин/га – 2,7 %. Але найбільша густота рослин весною спостерігалася за норми висіву 550 тис. шт. насінин/га і склала 465,05 тис. шт. рослин/га, а найменша – за сівби 450 тис. шт. насінин/га і становила 353,52 тис. шт. рослин/га.

Перед збирання урожаю, у фазу повної стиглості, найбільша густота рослин ріпаку озимого зберіглась на варіанті сівби 550 тис. шт. насінин/га – 459,87 тис. шт. рослин/га при збереженні рослин 83,6 % відносно посіяної кількості. Найвища збереженість рослин спостерігалася на варіанті сівби 450 тис. шт. насінин/га – 85,8 %, але цей варіант мав найменшу кількість рослин в кінці вегетації – 348,65 тис. шт. рослин/га. Найбільші втрати рослин відносно посіяної кількості були виявлені на варіанті з нормою висіву 650 тис. шт. насінин/га, де зберіглось 74,7 % посіяних рослин, а густота становила 421,46 тис. шт. рослин/га.

Таблиця 1

**Вплив норми висіву ріпаку озимого на біометричні параметри рослин, що впливають на їх зимостійкість в період входження в зимівлю**

| Норма висіву, тис. шт./га | Товщина кореневої шийки, мм | Висота точки росту над рівнем ґрунту, см |
|---------------------------|-----------------------------|------------------------------------------|
| 450                       | 8,5                         | 2,29                                     |
| 550                       | 8,3                         | 2,37                                     |
| 650                       | 8,0                         | 2,45                                     |

Таблиця 2

Динаміка густоти рослин ріпаку озимого залежно від норми висіву

| Норма висіву,<br>тис. шт./га | Фази росту та розвитку            |                                       |                                   |                                    |                                   |                                       |
|------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
|                              | Повні сходи                       |                                       | Відновлення вегетації весною      |                                    | Перед збирання                    |                                       |
|                              | густота<br>рослин,<br>тис. шт./га | відсоток<br>від висіяної<br>кількості | густота<br>рослин,<br>тис. шт./га | відсоток від<br>висіяної кількості | густота<br>рослин,<br>тис. шт./га | відсоток<br>від висіяної<br>кількості |
| 450                          | 406,35                            | 90,3                                  | 353,52                            | 87,0                               | 348,65                            | 85,8                                  |
| 550                          | 486,80                            | 88,5                                  | 465,05                            | 84,6                               | 459,87                            | 83,6                                  |
| 650                          | 564,20                            | 86,8                                  | 433,31                            | 76,8                               | 421,46                            | 74,7                                  |

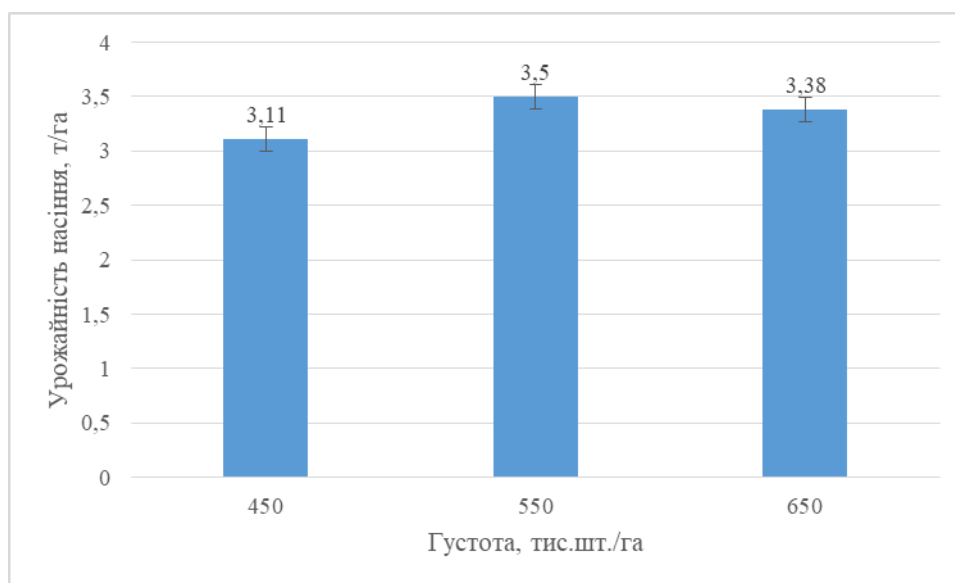


Рис. 1. Урожайність насіння ріпаку озимого залежно від норми висіву

За рахунок найвищої збереженості рослин ріпаку озимого до збирання, варіант з нормою висіву 550 тис. шт. насінин/га забезпечив найвищу урожайність насіння – 3,50 т/га. За висіву 650 тис. шт. насінин/га урожайність насіння була на 3,4 % меншою і склала 3,38 т/га. Найнижчу урожайність було встановлено за сівби 450 тис. шт. насінин/га – 3,11 т/га, що було на 11,1 % менше, ніж забезпечив варіант з нормою висіву 550 тис. шт. насінин/га (рис. 1).

Отже, результатами наших досліджень встановлено, що найсприятливіші умови зимівлі у вигляді формування найбільш товстої кореневої шийки – 8,5 мм та найнижчого відносно поверхні ґрунту розміщення точки росту – 2,29 см, забезпечує норма висіву ріпаку озимого 450 тис. шт. насінин/га. Саме цей варіант забезпечив найвищий відсоток збережених рослин відносно посіяних після зимівлі – 87,0 % та до кінця вегетації – 85,8 %, а також мав найвищу польову схожість – 90,3 %.

Проте вказаний варіант не забезпечив мінімально необхідну густоту рослин до кінця вегетації, яка має становити не менше 400 тис. шт. рослин/га, маючи кінцеву густоту 348,65 тис. шт. рослин/га. Саме це і вплинуло на нижчу урожайність, порівняно з іншими варіантами.

**Висновки.** За умов висіву гібриду ріпаку озимого ДК Ексіма в терміни 15-20 серпня з удобренням посіву

$N_{120}P_{60}K_{60}$  + мікродобриво Оракул колофермін бору, 3 л/га, на сірих опідзолених середньо суглинкових ґрунтах найвищу урожайність насіння – 3,50 т/га забезпечує норма висіву 550 тис. шт. насінин/га. Це досягається за рахунок збереження найбільшої густоти рослин до періоду збирання – 459,87 тис. рослин/га, що становить 83,6 % від кількості висіяного насіння. Також за цієї норми висіву рослини ріпаку зимували, маючи товщину кореневої шийки 8,3 мм та висоту точки росту над рівнем ґрунту 2,37 см.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Хаблак С. Технологія вирощування озимого ріпаку: підготовка та сівба. *Суперагроном*. URL: <https://superagronom.com/blog/912-tehnologiya-viroschuvannya-ozimogo-ripaku-pidgotovka-ta-sivba> (дата звернення 30.01.2026).
- Юрчук С. Вплив норм висіву та способу сівби на врожайність ріпаку озимого. *Агробізнес сьогодні*. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/18620-vplyv-norm-vysivu-ta-sposobu-sivby-na-vrozhainist-ripaku-ozymoho.html> (дата звернення 30.01.2026).
- Волощук О. П., Случак О. М., Распутенко А. О. Продуктивність ріпаку озимого залежно від строків, способів сівби та норм висіву насіння. *Передгірне*



- та гірське землеробство і тваринництво. 2018. Вип. 64 С. 44–55. DOI: [https://www.doi.org/10.32636/01308521.2018-\(64\)-4](https://www.doi.org/10.32636/01308521.2018-(64)-4)
4. Забарний О. С. Вплив норм висіву на формування продуктивності агроценозів ріпаку озимого (*Brassica napus* L. *Oleifera*). *Агроекологічний журнал*. 2023. № 3. С. 128–135. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2023.287771>
  5. Забарний О. С. Вплив норм висіву на формування продуктивності озимого ріпаку. *Пропозиція*. 2024. URL: <https://propozitsiya.com/articles/tekhnohiiyi-vyroshchuvannya/vplyv-norm-vysivu-na-formuvannya-produktyvnosti-ozymoho> (дата звернення 12.10.2025).
  6. Волощук О. П., Распутенко А. О. Особливості осіннього розвитку рослин ріпаку озимого залежно від строків, способів сівби та норм висіву насіння. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2018. Вип. 63. С. 38–48.
  7. Поляков О. І. Особливості росту, розвитку та формування врожайності ріпаку озимого залежно від норми висіву за різних строків сівби. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2022. № 33. С. 99–110. DOI: 10.36710/IOC-2022-33-10
  8. Лавриненко Ю. О., Влащук А. М., Шапарь Л. В. Урожайність та посівна якість насіння сортів ріпаку озимого залежно від строків сівби та норм висіву в умовах Південного Степу України. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2016. Вип. 1. С. 83–92.
  9. Забарний О. С., Шкатула Д. Ю. Вплив агротехнічних прийомів вирощування ріпаку озимого на густоту стояння рослин та урожайність. *Аграрні інновації*. 2025. № 33. С. 115–120.
  10. Дідур І.М., Ткачук О.П., Банул С.О. Продуктивність та екологічна стійкість гібридів ріпаку озимого. *Таврійський науковий вісник*. 2025. № 141. Частина 1. С. 78–88.
  11. Ткачук О. П., Разанов С. Ф., Банул С. О. Наукові принципи підбору сортів і гібридів ріпаку озимого. *Український журнал природничих наук*. 2024. № 7. С. 175–181.
  4. Zabarnyi, O. S. (2023). Vplyv norm vysivu na formuvannya produktyvnosti ahrotsenoziv ripaku ozymoho (*Brassica napus* L. *Oleifera*) [The influence of sowing rates on the formation of productivity of agrocenoses of winter rapeseed (*Brassica napus* L. *Oleifera*)]. *Ahroekolohichniy zhurnal*. 3. 128–135. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2023.287771> [in Ukrainian].
  5. Zabarnyi, O. S. (2024). Vplyv norm vysivu na formuvannya produktyvnosti ozymoho ripaku [The influence of sowing rates on the formation of productivity of winter rapeseed]. *Propozytsiia*. URL: <https://propozitsiya.com/articles/tekhnohiiyi-vyroshchuvannya/vplyv-norm-vysivu-na-formuvannya-produktyvnosti-ozymoho> (access date 10/12/2025). [in Ukrainian].
  6. Voloshchuk, O. P., & Rasputenko, A. O. (2018). Osoblyvosti osinnoho rozvytku roslyn ripaku ozymoho zalezno vid strokiv, sposobiv sivby ta norm vysivu nasinnia [Peculiarities of the autumn development of winter rapeseed plants depending on the timing, methods of sowing and seed sowing rates]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. 63. 38–48. [in Ukrainian].
  7. Poliakov, O. I. (2022). Osoblyvosti rostu, rozvytku ta formuvannya vrozhaivosti ripaku ozymoho zalezno vid normy vysivu za riznykh strokiv sivby [Peculiarities of growth, development and yield formation of winter rapeseed depending on the sowing rate for different sowing periods]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN*. 33. 99–110. DOI: 10.36710/IOC-2022-33-10 [in Ukrainian].
  8. Lavrynenko, Yu. O., Vlashchuk, A. M., & Shapar, L. V. (2016). Urozhainist ta posivna yakist nasinnia sortiv ripaku ozymoho zalezno vid strokiv sivby ta norm vysivu v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Yield and seed quality of winter rapeseed varieties depending on sowing dates and sowing rates in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN»*. 1. 83–92. [in Ukrainian].
  9. Zabarnyi, O. S., & Shkatula, D. Yu. (2025). Vplyv ahrotekhnichnykh pryimov vyroshchuvannya ripaku ozymoho na hustotu stoiannia roslyn ta urozhainist [Influence of agrotechnical methods of growing winter rapeseed on plant stand density and productivity]. *Ahrarni innovatsii*. 33. 115–120. [in Ukrainian].
  10. Didur, I.M., Tkachuk, O.P., & Banul, S.O. (2025). Produktivnist ta ekolohichna stiikest hibrydiv ripaku ozymoho [Productivity and environmental sustainability of winter rapeseed hybrids]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 141. 1. 78–88. [in Ukrainian].
  11. Tkachuk, O. P., Razanov, S. F., & Banul, S. O. (2024). Naukovi pryntsy py pidboru sortiv i hibrydiv ripaku ozymoho [Scientific principles of selection of varieties and hybrids of winter rapeseed]. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnychkh nauk*. 7. 175–181. [in Ukrainian].

#### REFERENCES:

1. Khablak, S. Tekhnolohiia vyroshchuvannya ozymoho ripaku: pidhotovka ta sivba [Technology of growing winter rapeseed: preparation and sowing]. *Superahronom*. URL: <https://superagronom.com/blog/912-tehnologiya-viroshchuvannya-ozimogo-ripaku-pidgotovka-ta-sivba> (access date 01/30/2026). [in Ukrainian].
2. Lurchuk, S. Vplyv norm vysivu ta sposobu sivby na vrozhaivist ripaku ozymoho [The influence of sowing rates and the method of sowing on the yield of winter rapeseed]. *Ahrobiznes sohodni*. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/18620-vplyv-norm-vysivu-ta-sposobu-sivby-na-vrozhaivist-ripaku-ozymoho.html> (access date 30.01.2026). [in Ukrainian].
3. Voloshchuk, O. P., Sluchak, O. M., & Rasputenko, A. O. (2018). Produktivnist ripaku ozymoho zalezno vid strokiv, sposobiv sivby ta norm vysivu nasinnia [Productivity of winter rapeseed depending on timing, methods of sowing and seed sowing rates]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo*. 64. 44–55. DOI: [https://www.doi.org/10.32636/01308521.2018-\(64\)-4](https://www.doi.org/10.32636/01308521.2018-(64)-4) [in Ukrainian].

#### Дідур І.М., Банул С.О. Вплив норми висіву ріпаку озимого на збереженість рослин та урожайність посіву

Мета. Враховуючи неоднозначність наукових тверджень щодо оптимальної норми висіву ріпаку озимого, метою наших досліджень було встановити таку норму висіву, яка забезпечуватиме найвищу урожайність посівів.

Методи. Вивчали три варіанти норми висіву: 450 тис. шт. насінин/га, 550 тис. шт. насінин/га та 650 тис. шт. насінин/га. Вирощували гібрид ріпаку озимого ДК Ексіма. Система удобрення включала внесення  $N_{120}P_{60}K_{60}$  + мікродобриво Оракул колофермін бору, 3 л/га. В період вегетації ріпаку озимого визначали діаметр кореневої шийки рослин та висоту точки росту над рівнем ґрунту на час припинення осінньої вегетації, динаміку густоту рослин у фазу повних сходів, на період весняного відновлення вегетації та перед збиранням урожаю, а також урожайність насіння.

Результати. Встановлено, що найсприятливіші умови зимівлі у вигляді формування найбільш товстої кореневої шийки – 8,5 мм та найнижчого відносно поверхні ґрунту розміщення точки росту – 2,29 см, забезпечує норма висіву ріпаку озимого 450 тис. шт. насінин/га. Саме цей варіант забезпечив найвищий відсоток збережених рослин відносно посіяних після зимівлі – 87,0 % та до кінця вегетації – 85,8 %, а також мав найвищу польову схожість – 90,3 %. Проте вказаний варіант не забезпечив мінімально необхідну густоту рослин до кінця вегетації, яка має становити не менше 400 тис. шт. рослин/га, маючи кінцеву густоту 348,65 тис. шт. рослин/га. Саме це і вплинуло на нижчу урожайність, порівняно з іншими варіантами.

Висновки. За умов висіву гібриду ріпаку озимого ДК Ексіма в терміни 15-20 серпня з удобренням посіву  $N_{120}P_{60}K_{60}$  + мікродобриво Оракул колофермін бору, 3 л/га, на сірих опідзолених середньо суглинкових ґрунтах найвищу урожайність насіння – 3,50 т/га забезпечує норма висіву 550 тис. шт. насінин/га. Це досягається за рахунок збереження найбільшої густоти рослин до періоду збирання – 459,87 тис. рослин/га, що становить 83,6 % від кількості висіяного насіння. Також за цієї норми висіву рослини ріпаку зимували, маючи товщину кореневої шийки 8,3 мм та висоту точки росту над рівнем ґрунту 2,37 см.

**Ключові слова:** коренева шийка, точка росту, польова схожість, густота, насіння.

**Didur I.M., Banul S.O. The influence of winter rapeseed sowing rates on plant survival and crop yield**

Purpose: Given the ambiguity of scientific statements regarding the optimal seeding rate for winter rapeseed, the

goal of our research was to establish a seeding rate that would ensure the highest crop yield.

Methods. Three variants of seeding rates were studied: 450 thousand pcs. seeds/ha, 550 thousand pcs. seeds/ha and 650 thousand pcs. seeds/ha. The hybrid of winter rapeseed DK Exima was grown. The fertilization system included the application of  $N_{120}P_{60}K_{60}$  + microfertilizer Orakul colofermin boron, 3 l/ha. During the growing season of winter rapeseed, the diameter of the root collar of plants and the height of the growth point above the soil level were determined at the time of the cessation of autumn vegetation, the dynamics of plant density in the phase of full germination, during the spring vegetation renewal period and before harvesting, as well as seed yield.

Results. It was established that the most favorable wintering conditions in the form of the formation of the thickest root collar – 8.5 mm and the lowest relative to the soil surface location of the growth point – 2.29 cm, are provided by the sowing rate of winter rapeseed of 450 thousand pcs. seeds/ha. It was this option that provided the highest percentage of surviving plants relative to those sown after wintering – 87.0% and by the end of the growing season – 85.8%, and also had the highest field germination – 90.3%. However, this option did not provide the minimum required plant density by the end of the growing season, which should be at least 400 thousand pcs. plants/ha, having a final density of 348.65 thousand pcs. plants/ha. This is what influenced the lower yield, compared to other options.

Conclusions. Under the conditions of sowing the winter rapeseed hybrid DK Exima on August 15-20 with the  $N_{120}P_{60}K_{60}$  sowing fertilizer + Orakul colofermin boron microfertilizer, 3 l/ha, on gray podzolized medium loamy soils, the highest seed yield – 3.50 t/ha is provided by the sowing rate of 550 thousand pcs. seeds/ha. This is achieved by maintaining the highest plant density until the harvesting period – 459.87 thousand plants/ha, which is 83.6% of the amount of sown seeds. Also, under this sowing rate, rapeseed plants overwintered, having a root collar thickness of 8.3 mm and a growth point height above the soil level of 2.37 cm.

**Key words:** root collar, growth point, field germination, density, seeds.

Дата першого надходження статті до видання: 07.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## ДИНАМІКА МАСИ 1000 ЗЕРЕН У ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ РІЗНИХ ГРУП ФАО ЗА БЕЗЗМІННИХ ПОСІВІВ ТА СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ВІД СЕГЕТАЛЬНОЇ РОСЛИННОСТІ

**ДОНЕЦЬ А.О.** – кандидат сільськогосподарських наук

*orcid.org/0009-0004-0338-5302*

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

**МАРЧЕНКО Т.Ю.** – доктор сільськогосподарських наук, професор

*orcid.org/0000-0001-6994-3443*

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

**ПІЛЯРСЬКА О.О.** – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник

*orcid.org/0000-0001-8649-0618*

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

**МІЩЕНКО С.В.** – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

*orcid.org/0000-0002-1979-4002*

Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка,

Інститут луб'яних культур Національної академії аграрних наук України

**ЛАВРИНЕНКО Ю.О.** – доктор сільськогосподарських наук, професор

*orcid.org/0000-0001-9442-8793*

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

**Постановка проблеми.** Формування продуктивності кукурудзи значною мірою визначається станом агрофітоценозу та характером конкурентних взаємовідносин між рослинами кукурудзи і сегетальною рослинністю. Бур'яни є одним із найагресивніших лімітуючих чинників реалізації генотипового потенціалу культури. Втрати врожаю під впливом бур'янового компонента можуть становити 25–45 %, а за несвоєчасного проведення заходів контролю – до 60–70 %, що зумовлено інтенсивною конкуренцією за вологу, поживні речовини, світло та площу живлення, а також здатністю багатьох бур'янів виділяти алелопатичні сполуки, що пригнічують ріст і розвиток культурних рослин. Контроль сегетальної рослинності є ключовою передумовою отримання стабільно високої продуктивності, що покладається на розробку та впровадження сучасних наукових досліджень [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У світовому та національному масштабах упродовж останніх десятиліть встановлено стійке зростання площ вирощування та урожайності кукурудзи в більшості регіонів світу. Україна має одні з найвищих темпів зростання врожайності серед провідних країн-виробників, що свідчить про значні досягнення в селекції та агротехнологіях. За двадцятирічний термін (з 2003 року по 2023 рік), урожайність зерна кукурудзи в Україні зросла з 3,0 до 7,8 т/га, що зумовлено впровадженням інноваційних технологій вирощування, оновленням засобів захисту, сортових ресурсів [2]. Встановлено, що від підбору гібриду кукурудзи певної групи стиглості з певною придатністю

до поширення в агроєкологічній зоні та агротехнології залежить реалізація генетичного потенціалу його продуктивності [3].

Дослідженнями О. О. Іващенка зі співавторами доведено, що на фоні зростання посівних площ кукурудзи одним із важливих елементів технології, що визначає розкриття потенціалу продуктивності агрокультур, є система захисту посівів від бур'янових синузій. На фоні зростаючих кліматичних ризиків та посиленні потреб щодо прибутковості виробництва виникає необхідність в удосконаленні агротехнічних заходів, що забезпечують ефективну реалізацію захисту посівів від комплексу сегетальних рослин. За останні два десятиліття в аграрному секторі спостерігається посилення забур'яненості посівів і головними причинами негативної тенденції є порушення науково обґрунтованого чергування культур у сівоzmінах [4].

У сучасному агропромисловому виробництві забур'яненість посівів є одним із ключових чинників, що суттєво стримують реалізацію генетичного потенціалу врожайності кукурудзи, тому питання контролю бур'янів набуває особливої актуальності. Це питання загострюється за зростаючої насиченості кукурудзи в сівоzmінах [5, 6].

Іншими дослідженнями показано, що підвищення частки кукурудзи в сівоzmіні з 50% до 100% істотно не впливало на різницю показників врожайності та продуктивності культури. Вирощування кукурудзи на фоні органо-мінеральної системи удобрення сприяло отриманню найбільших приростів врожайності за беззмінних посівів [7].



Іншими дослідженнями актуалізується питання щодо поширеності популяцій бур'янів, резистентних до гербіцидів. Вже виявлено 498 біотипів бур'янів, що резистентні до гербіцидів і перелік їх поширюється, що значно ускладнює тривалу ефективну боротьбу з сеgetальною рослинністю за використання однотипних гербіцидів за беззмінних посівів агрокультур [8]. Встановлено тісний зв'язок між зміною клімату й поширенням агресивних видів сеgetальних рослин [9].

Ефективні методи управління фітоценозом агрокультур, що підвищують загальне виробництво, є вимогою сучасності. Гербіциди є основним компонентом боротьби з бур'янами в сучасному сільському господарстві, тому збалансоване застосування гербіцидів разом із відповідним часом застосування може сприяти зростанню структурних показників продуктивності та врожайності кукурудзи [10].

Дослідниками з Бразилії показано, що на родючих ґрунтах за достатнього удобрення і за достатньо високої культури землеробства кукурудзу можна вирощувати в повторних посівах протягом 3–4 років, а також в монокультурі (беззмінні посіви) протягом 6–10 років за умов належних технологій [11].

Маса тисячі зерен у гібридів кукурудзи є важливим показником реалізації генетичного потенціалу. Вченими було встановлено середньої сили прямий кореляційний зв'язок між урожайністю та масою 1000 зерен в умовах Лісостепу [12].

Встановлено, що високий урожай кукурудзи формується за оптимального співвідношення всіх структурних складових: маси 1000 зерен, кількості рядів у качані, довжини і діаметра качана, тому аналіз структури урожаю поряд із продуктивністю є важливим, оскільки дає можливість визначати частку впливу окремих складових на їх формування. При цьому важливо встановити кореляційні зв'язки урожайності зерна генотипів кукурудзи та певних структурних ознак продуктивності [13, 14].

Іншими дослідженнями в умовах Правобережного Лісостепу підтверджено високий кореляційний зв'язок ( $r = 0,97$ ) між урожайністю зерна гібридів і масою 1000 зерен [15]. Це вказує на стабільність взаємозв'язку цих показників в різних агроєкологічних умовах.

Аналіз попередніх досліджень показує, що важливим компонентом варіативності урожайності зерна кукурудзи є крупність зернівки, сеgetальна рослинність, тривалість беззмінних посівів.

**Мета досліджень.** Встановити динаміку маси 1000 зерен у гібридів кукурудзи різних груп ФАО та її зв'язок з урожайністю зерна за різних систем захисту від сеgetальної рослинності в беззмінних п'ятирічних посівах.

**Матеріали та методика досліджень.** Польові дослідження проведені в Інституті кліматично орієнтованого сільського господарства НААН (2021–2025 рр., м. Херсон, 46°38'24" півн. шир. 32°36'52" схід. довг.). В дослідженнях використовували інноваційні гібриди української селекції, що занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні: Степовий (ФАО 190), Хотин (ФАО 250), Тронка (ФАО 380), Арабат (ФАО 430). Дослідження проводились за краплинного поверхневого зрошення з рівнем

передполивної вологості ґрунту в шарі 0–50 см 75% НВ. Польові досліді закладали та проводили обробку даних у відповідності з загальноприйнятими в агрономічних дослідженнях методичними рекомендаціями Ушкаренка В. О. зі співавторами [16], Вожегової Р. А. зі співавторами [17]. Забур'яненість посівів визначали кількісним методом, шляхом накладання облікової рамки розміром 70 x 70 см в міжряддя в десятиразовому повторенні. Розрахунки технічної ефективності гербіцидів проводили за методикою С. О. Трибеля зі співавторами [18]. Економічні пороги шкодочинності бур'янів та визначення ступеня забур'яненості посівів аналізували за Методичними рекомендаціями Р. Вожегової, С. Зайця, О. Рудіка зі співавторами [19]. Використовували гербіциди: Фронт'єр® Оптіма – діюча речовина диметенамід-П, Dimethenamid-P; МайсТер® Пауер – діючі речовини форамсульфурон, йодоссульфурон, тіенкарбазон-метил, ципросульфамід [20]. Технологія вирощування кукурудзи була загальноновизнана, крім варіантів, що вивчалися [21].

**Результати та обговорення.** За беззмінних посівів кукурудзи протягом п'яти років без застосування засобів боротьби з сеgetальною рослинністю було встановлено різке зростання забур'яненості кожного наступного року (рис. 1).

Без застосування гербіцидів кількість бур'янів у фазу розвитку ВВСН 83-87 зросла з 23,3 рослин на 1 м<sup>2</sup> на першому році, до 70,3 рослин на 1 м<sup>2</sup> на п'ятому році беззмінних посівів на гібридах з ФАО 190-250. На посівах пізньостиглих гібридів (ФАО 380-430) забур'яненість зросла за п'ятирічний термін з 22,9 сеgetалів на 1 м<sup>2</sup> до 80,6 рослин. Така кількість сеgetальних рослин, згідно шкали визначення ступеня забур'яненості, відповідає показнику «сильний», що негативно впливає на стан посівів [19]. Пізньостиглі гібриди мали більшу забур'яненість починаючи з другого року беззмінних посівів внаслідок більшої тривалості періоду вегетації та сприятливих умов за вологістю ґрунту для проростання ґрунтових запасів насіння та кореневих паростків.

Застосування гербіцидів значно зменшило кількість сеgetальних рослин, особливо високу ефективність показала сумісна дія ґрунтового та страхового гербіцидів (Фронт'єр® Оптіма та МайсТер® Пауер). На п'ятому році беззмінних посівів забур'яненість за такої технології відповідала показнику «дуже слабка» (рис. 2).

Серед бур'янів найбільшого поширення набули *Amaranthus retroflexus* L., *Descurainia sophia* L., *Chenopodium album* L., *Echinochloa crus-galli* L. Попри високу ефективність гербіцидів, не вдається подолати повністю забур'яненість умовно карантинних інвазійних видів. Сумісною дією ґрунтового та страхового гербіцидів вдалось знешкодити в фітоценозі *Cyclachaena xanthifolia* Fres., проте, *Ambrosia artemisifolia* L. залишалась в фітоценозі кукурудзи в обмеженій кількості (0,1–0,2 рослини / м<sup>2</sup>) завдяки високому коефіцієнту розмноження, ґрунтовим запасам насіння та пізнім сходом після припинення дії гербіцидів.

Маса 1000 зернин гібридів кукурудзи є певним маркером щодо оптимізації захисту рослин. Конкурентний

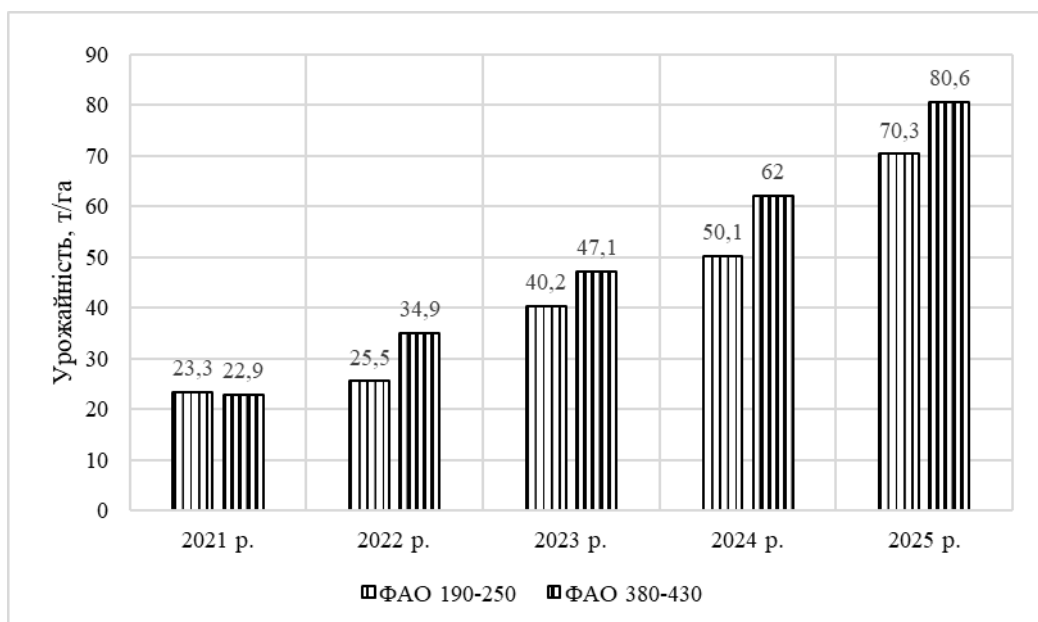


Рис. 1. Кількість сегетальних рослин на 1 м<sup>2</sup> на контрольному варіанті (без захисту)

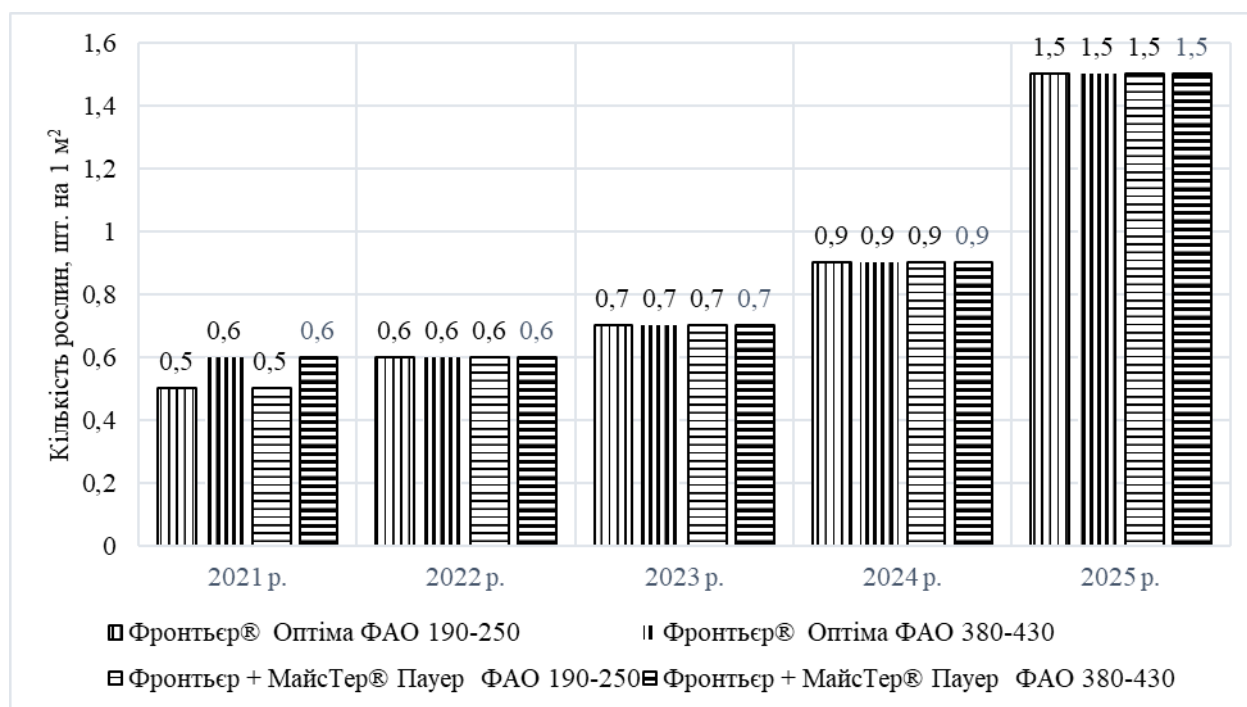


Рис. 2. Кількість сегетальних рослин на 1 м<sup>2</sup> залежно від системи захисту

вплив сегетальної рослинності негативно позначився на крупності зерна (табл. 1).

На п'ятому році беззмінних посівів кукурудзи без використання гербіцидів, маса 1000 зерен, у середньому за гібридами, зменшилась з 286,8 г до 223,8 г. Найбільше реагували на забур'яненість пізньостиглі гібриди Тронка та Арабат (ФАО 380 та ФАО 430). Маса 1000 зерен у них зменшилась на п'ятий рік беззмінних посівів на 83 та 107 г відповідно, що вказує на відповідний негативний вплив сегетальних рослин. Скоростиглі гібриди Степовий

та Хотин менше реагували на забур'яненість у зв'язку з меншою тривалістю періоду вегетації, що зменшило термін відродження ґрунтових запасів сегеталів.

Застосування ґрунтового гербіциду Фронт'єр® Оптіма суттєво зменшило різницю за масою 1000 зерен у гібридів на першому та п'ятому році беззмінних посівів. На п'ятому році беззмінних посівів маса 1000 зерен у гібридів зменшилась на 20–38 г, що свідчить про зменшення конкурентного тиску сегетальних рослин на формування структурних елементів продуктивності.

Таблиця 1

Маса 1000 зерен у гібридів кукурудзи різних груп ФАО при беззмінних посівах залежно від системи захисту рослин від сегетальної рослинності

| Система захисту рослин (фактор А) | Гібрид, група ФАО (фактор В) | Маса 1000 зерен (г) за роками беззмінних посівів, (фактор С) |              |              |              |              |         | Середнє за фактором, см |       |
|-----------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------|-------------------------|-------|
|                                   |                              | 2021                                                         | 2022         | 2023         | 2024         | 2025         | Середнє | А                       | В     |
| Без гербіцидів (контроль)         | Степовий                     | 246                                                          | 240          | 239          | 235          | 225          | 237,0   | 259,7                   | 244,5 |
|                                   | Хотин, 250                   | 256                                                          | 246          | 240          | 238          | 215          | 239,0   |                         | 252,4 |
|                                   | Тронка                       | 310                                                          | 302          | 278          | 226          | 227          | 268,6   |                         | 301,8 |
|                                   | Арабат                       | 335                                                          | 330          | 306          | 271          | 228          | 294,0   |                         | 324,1 |
|                                   | <b>середнє</b>               | <b>286,8</b>                                                 | <b>279,5</b> | <b>265,8</b> | <b>242,5</b> | <b>223,8</b> |         |                         |       |
| Фронт'єр® Оптіма                  | Степовий                     | 256                                                          | 250          | 244          | 240          | 237          | 245,4   | 285,4                   |       |
|                                   | Хотин, 250                   | 266                                                          | 245          | 248          | 243          | 246          | 249,6   |                         |       |
|                                   | Тронка                       | 320                                                          | 315          | 317          | 310          | 309          | 314,2   |                         |       |
|                                   | Арабат                       | 355                                                          | 349          | 330          | 317          | 311          | 332,4   |                         |       |
|                                   | <b>середнє</b>               | <b>299,3</b>                                                 | <b>289,8</b> | <b>284,8</b> | <b>277,5</b> | <b>275,8</b> |         |                         |       |
| Фронт'єр + МайсТер® Пауер         | Степовий                     | 258                                                          | 255          | 249          | 250          | 244          | 251,2   | 297,1                   |       |
|                                   | Хотин, 250                   | 274                                                          | 271          | 265          | 268          | 265          | 268,6   |                         |       |
|                                   | Тронка                       | 331                                                          | 328          | 325          | 315          | 314          | 322,6   |                         |       |
|                                   | Арабат                       | 368                                                          | 357          | 346          | 334          | 324          | 345,8   |                         |       |
|                                   | <b>Середнє</b>               | <b>307,8</b>                                                 | <b>302,7</b> | <b>296,3</b> | <b>291,8</b> | <b>286,8</b> |         |                         |       |
|                                   | <b>Середнє за С</b>          | 298,0                                                        | 290,7        | 282,3        | 270,6        | 262,1        | 280,7   |                         |       |
| H <sub>IP</sub> 0,05, г           |                              | Для часткових різниць:<br>А = 3,2; В = 4,1; С = 3,4          |              |              |              |              |         |                         |       |
|                                   |                              | Для середніх (основних) ефектів: А = 3,8; В = 4,5; С = 3,6   |              |              |              |              |         |                         |       |

Найменша різниця маси 1000 зерен у гібридів кукурудзи на першому та п'ятому році беззмінних посівів спостерігалась за використання сумісної дії ґрунтового та страхового гербіцидів (Фронт'єр + МайсТер® Пауер), що вказує на мінімальний вплив на формування та налив зерна сегетальних рослин за такої системи захисту.

Маса 1000 зерен у гібридів кукурудзи є певним показником продуктивності качана та урожайності зерна. Розрахунки показали, що урожайність зерна досліджуваних гібридів за п'ятирічний термін беззмінних посівів та різних систем захисту від сегеталів позитивно корелює з масою 1000 зерен (рис. 3).

Найбільші коефіцієнти кореляції були зафіксовані у гібридів з подовженою тривалістю вегетації та більшою потенційною урожайністю – Тронка та Арабат (коефіцієнти кореляції  $r = 0,620$  і  $r = 0,861$  відповідно). Велика маса 1000 насінин позитивно корелює з урожайністю зерна на певному проміжку параметрів крупності. Підвищення маси 1000 зерен за оптимум крупності призводить до різкого падіння урожайності зерна. Така закономірність визначається збільшенням крупності зерна у рослин, що потрапляють в жорсткі умови запилення та формування зернівки за умов алелопатії сегетальних рослин. В таких умовах запилюються тільки перші квітки стрижня качана і ці зернівки мають округлу форму зі значно більшою масою (кругляші). Кількість зерен в ряді качана зменшується, підвищується маса 1000 зерен, проте, втрачається маса зерна з качана та урожайність.

Урожайність зерна гібридів кукурудзи на першому році беззмінних посівів без застосування засобів

захисту від сегеталів була найбільшою у гібридів Арабат та Тронка – 10,34 та 10,55 т/га відповідно (рис. 4). На п'ятому році беззмінних посівів урожайність цих гібридів різко знизилась до 7,06 та 7,18 т/га та порівнялась з скоростиглими гібридами (Степовий та Хотин). Різке зниження потенційної урожайності високопродуктивних гібридів спричинене сильним конкурентним впливом сегетальної рослинності.

Зниження урожайності зерна у скоростиглих гібридів було меншим на п'ятому році за беззмінних посівів (14,7 % та 16,1% відповідно), проте і на першому році беззмінних посівів без захисту їх урожайність значно поступалась варіантам з комплексним захистом рослин від бур'янів (Фронт'єр + МайсТер® Пауер).

Урожайність зерна у пізньостиглих гібридів на п'ятому році беззмінних посівів та без захисту від сегетальних рослин була найменшою серед усіх гібридів та варіантів захисту (7,18 та 7,06 т/га). Зниження урожайності зерна, порівняно з першим роком беззмінних посівів, становило 3,28–3,37 т/га на варіанті без захисту рослин. Падіння урожайності, порівняно з варіантом комплексного захисту, на п'ятому році ще більш показове і становило 5,31 та 6,71 т/га, що пояснюється сильним впливом алелопатії сегеталів та більшою уразливістю пізньостиглих генотипів.

Середня урожайність гібридів за застосування ґрунтових та страхових гербіцидів за п'ятирічний термін беззмінних посівів становила 13,07 т/га, що на 5,08 т/га перевищувало варіант без захисту рослин. Урожайність зерна гібридів кукурудзи різних груп ФАО на п'ятому році без захисту рослин була майже

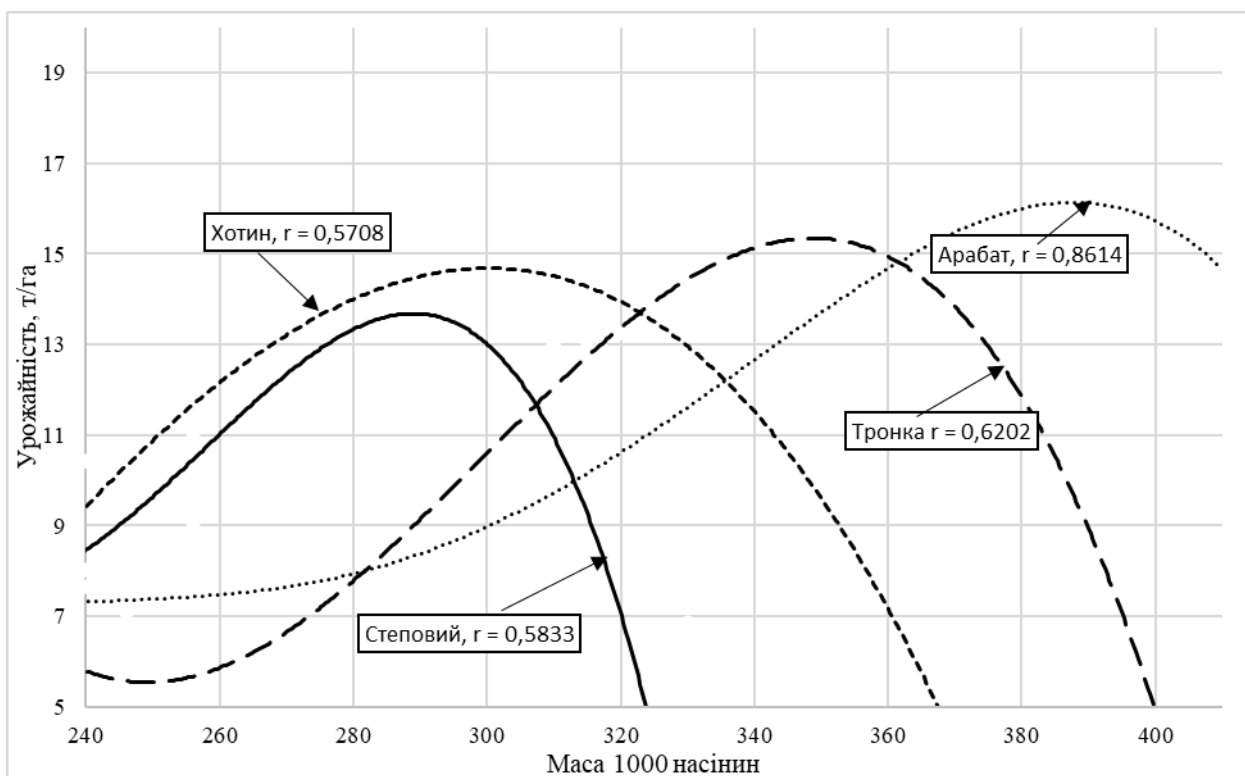


Рис. 3. Кореляційно-регресійні моделі залежності маси 1000 зерен у гібридів кукурудзи та врожайності зерна за беззмінних посівів 2021...2025 рр.

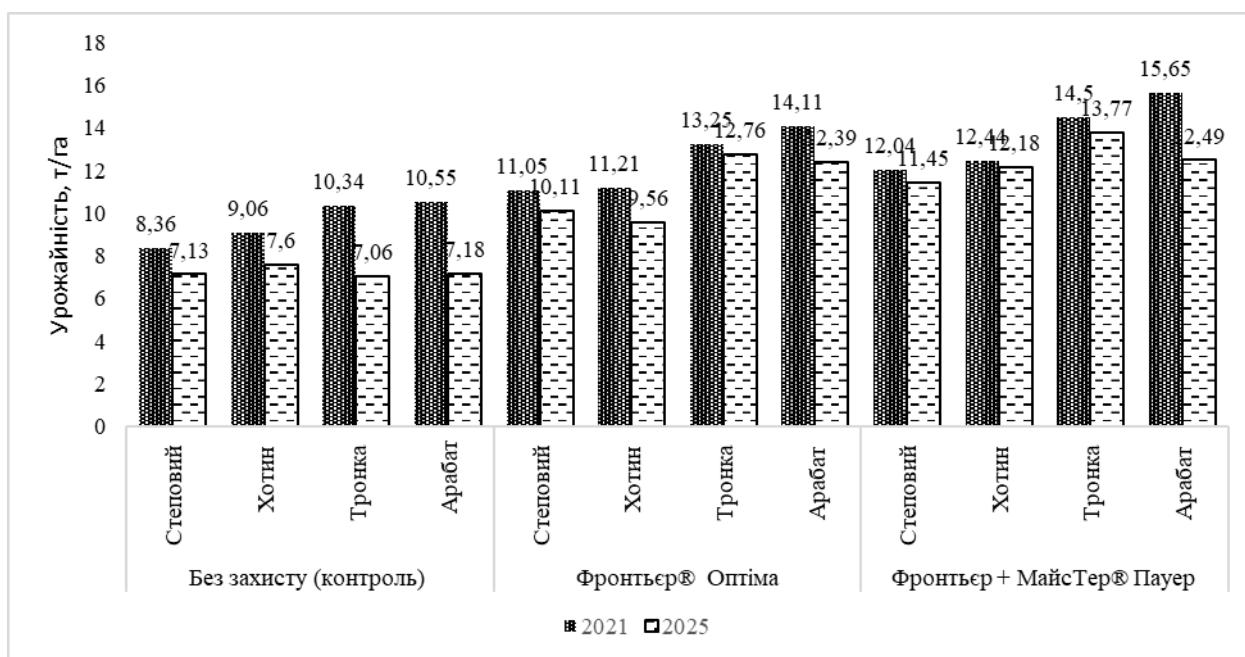


Рис. 4. Урожайність зерна гібридів кукурудзи різних груп ФАО при беззмінних посівах залежно від системи захисту від сегетальних рослин

однаковою (7,06–7,60 т/га), що не дало можливості розкрити потенційну урожайність генотипів різного ступеня інтенсивності.

Комплексний захист з застосуванням ґрунтових та післясходових гербіцидів дозволив забезпечити

достатньо високу сталість урожайності зерна протягом п'ятирічного терміну беззмінних посівів. Так, урожайність зерна гібриду Степовий з ФАО 190 знизилась на п'ятому році знизилась лише на 0,59 т/га, а у гібрида Хотин з ФАО 250 була майже на одному рівні (12,44 та

12,18 т/га відповідно). Гібриди з подовженою тривалістю вегетації більш негативно реагували на беззмінні посіви. У них урожайність зерна на п'ятому році зменшилась на 0,73–3,16 т/га, що пояснюється відродженням сегетальної рослинності наприкінці вегетації за достатньо високого рівня зволоження ґрунту краплинним зрошенням. Зменшення урожайності зерна у гібридів на прикінцевих термінах беззмінних посівів пояснюється не тільки конкуренцією сегеталів, а й негативним впливом накопичення специфічних шкідливих організмів, ерозією ґрунту [25].

Застосування ґрунтового гербіциду Фронт'єр® Оптіма не дало можливість повністю подолати конкурентний вплив бур'янів. Відродження сегеталів проходило після дії ґрунтового гербіциду, що призводило до зниження урожайності зерна на п'ятому році беззмінних посівів у скоростиглих гібридів на 0,94–1,65 т/га та у пізньостиглих гібридів – на 0,49–1,72 т/га. Сумісне застосування ґрунтового та післясходового гербіцидів (Фронт'єр та МайсТер® Пауер) було більш ефективним і урожайності зерна на п'ятому році беззмінних посівів у скоростиглих гібридів становила 11,45–12,18 т/га та у пізньостиглих гібридів – 12,49–13,77 т/га.

**Висновки.** Урожайність зерна досліджуваних гібридів за п'ятирічний термін беззмінних посівів та різних систем захисту від сегеталів позитивно корелює з масою 1000 зерен. Найбільші коефіцієнти кореляції були зафіксовані у гібридів з подовженою тривалістю вегетації та більшою потенційною урожайністю – Тронка та Арабат (коефіцієнти кореляції  $r = 0,620$  і  $r = 0,861$  відповідно). Велика маса 1000 насінин позитивно корелює з урожайністю зерна на певному проміжку параметрів крупності. Підвищення маси 1000 зерен за оптимум крупності призводить до різкого падіння урожайності зерна. Така закономірність визначається збільшенням крупності зерна у рослин, що потрапляють в жорсткі умови запилення та формування зернівки за умов аллопатії сегетальних рослин, що призводить до запилення тільки перших квіток стрижня качана і ці зернівки мають округлу форму зі значно більшою масою («кругляші»).

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Макух Я. П., Козаченко Д. М. Вплив сегетальної рослинності на формування продуктивності кукурудзи та її структурних елементів. *Новітні агротехнології*. 2025. Т. 13, № 3. <https://doi.org/10.47414/na.13.3.2025.344969>
- Сидякіна О. В., Гамула Є. А. Сучасний стан, проблеми та перспективи виробництва зерна кукурудзи. *Таврійський науковий вісник. Серія Сільськогосподарські науки*. 2025. № 144. С. 164–174. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.22>
- Amons S. Productivity of corn hybrids depends on growing technological methods. *Agriculture and forestry*. 2023. № 28. С. 25–45. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2023-1-3>
- Іващенко О., Ременюк С., Іващенко О. Проблеми потенційної засміченості ґрунту в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 8. С. 58–68. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201808-09>
- Циліорук О. І., Десятник Л. М., Березовський С. В. Забур'яненість агроценозів кукурудзи під впливом обробітку ґрунту та удобрення в північному Степу України. *Зернові культури*. 2020. 4(1). С. 152 – 159. [doi: 10.31867/2523-4544/0119](https://doi.org/10.31867/2523-4544/0119)
- Грицюк Н. В., Довбиш Л. Л., Бакалова А. В., Пузняк О. М. Забур'яненість короткоротаційної сівозміни залежно від системи удобрення на дерново-підзолистих ґрунтах. *Scientific Progress & Innovations*. 2022. 1. С. 77 – 83. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.09>
- Мащенко Ю. В., Соколовська І. М. Продуктивність кукурудзи залежно від її частки в сівозміні та удобрення. *Аграрні інновації*. 2023. № 21. С. 57–63. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.21.8>
- Гуральчук Ж. З., Мордерер Є. Ю. Проблема резистентності рослин до гербіцидів – інгібіторів ацетолактатсинтази. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2019. Т. 24. С. 296–301. <https://doi.org/10.7124/FEEO.v24.1118>
- Shuvar I. A., Korpita H. M., Hadzalo O. J. Global warming as a factor of growth of invasiveness of segetal plant species in the Western Forest-Steppe. *Bulletin of Agricultural Science*. 2025. № 7 (868). 47–61. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202507-05>
- Rehman A., Imran M., Sajjad M., Umair R., Nawaz S., Ijaz B. Evaluation of herbicide efficiency and their impact with reduced rates along with adjuvants at varying application time in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agricultural Research (JAR)*. 2025. № 63(1). Р. 49–57. <https://doi.org/10.58475/2025.63.1.137>
- Edleusa P. Seide, Lucas A. Mendes, Jandrei M. Stein. Corn Yield in Monoculture and Intercropped with Cover Plants and Aggregates Stabilit. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*. 2022. Vol 4. Issue 2. <https://doi.org/10.24018/ejfood.2022.4.2.426>
- Асанішвілі Н. М., Юла В. М., Шляхтурова С. П. Формування елементів структури врожаю кукурудзи під впливом технології вирощування в Лісостепу. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2020. Вип. 96. С. 663–676. <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2020-96-1-663-676>
- Аверчев О. В., Іванів М. О. Індекси врожайності та ефективної продуктивності у гібридів кукурудзи різних груп ФАО за різних способів поливу та вологозабезпеченості в посушливому степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 114. С. 3–12. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.1>
- Репілевський Д. Е., Іванів М. О. Структура врожаю гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від способів зрошення в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 119. С. 99–111. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.18>
- Господаренко Г. М., Черно О. Д., Любич В. В., Садовський І. С. Структура врожаю кукурудзи залежно від системи удобрення в умовах Правобережного Лісостепу. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2023. Вип. 1(7). С. 26–37. <https://doi.org/10.54651/agri.2023.01.04>
- Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Методика польового дослідження (Зрошуване землеробство). Херсон: Грін Д. С., 2014. 448 с.
- Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О. та ін. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях. Херсон: Грін Д. С., 2014. 286 с.



18. Трибель С. О., Сігарьова Д. Д., Секун М. П., Іващенко О. О. Методи випробування та застосування пестицидів. Київ: Світ, 2001. 256 с.
  19. Вожегова Р. А., Заєць С. О., Рудік О. Л. та ін. Формування основ еколого-безпечного функціонування агрофітоценозів на неполивних землях Південного Степу: наук.-метод. рекомендації. Одеса: Олді+, 2025. 50 с.
  20. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів дозволених до використання в Україні. URL: <https://eco.gov.ua/registers/perelik-pesticidiv-i-agrohimikativ-dozvolenih-dlya-vikoristannya> (дата звернення 10.03.2026).
  21. Наукові основи вирощування гібридів кукурудзи в умовах зрошення Південного Степу України : монографія / Р. А. Вожегова, Ю. О. Лавриненко, Т. Ю. Марченко та ін. Одеса : Олді+, 2024. 180 с.
  22. Donets A., Marchenko T., Lavrynenko Yu., Piliarska O., Mishchenko S. The impact of continuous maize cultivation on grain yield and agrophysical parameters of the arable soil layer. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2026. Vol. 27, Iss. 1, P. 1–13. <https://doi.org/10.12912/27197050/214464>.
- REFERENCES:**
1. Makukh, Ya. P., & Kozachenko, D. M. (2025). Vplyv sehetalnoi roslinnosti na formuvannya produktyvnosti kukurudzy ta yii strukturnykh elementiv [The influence of segetal vegetation on the formation of corn productivity and its structural elements]. *Novitni ahrotekhnologii*, 13(3), <https://doi.org/10.47414/na.13.3.2025.344969> [in Ukrainian].
  2. Sidiyagina, O. V., & Gamula, E. A. (2025). Suchasnyi stan, problemy ta perspektyvy vyrobnytstva zerna kukurudzy [Current status, problems and prospects of corn grain production]. *Tavriyskiy naukovyi visnyk. Seriya Silskohospodarski nauky*, 144, 164–174. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.22> [in Ukrainian].
  3. Amons, S. (2023). Productivity of corn hybrids depends on growing technological methods. *Agriculture and forestry*, 28, 25–45. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2023-1-3>.
  4. Ivashchenko, O., Remeniuk, S., & Ivashchenko, O. (2018). Problemy potentsiinoi zasmichenosti gruntu v Ukraini [Problems of potential soil contamination in Ukraine]. *Visnyk ahraryoi nauky*, 8, 58–68 [in Ukrainian].
  5. Tsyliuryk, O. I., Desiatnyk, L. M., & Berezovskyi, S. V. (2020). Zaburianenist ahrotsenoziv kukurudzy pid vplyvom obrobitku gruntu ta udobrennia v pivnichnomu Stepu Ukrainy [Pollution of corn agrocenoses under the influence of soil cultivation and fertilization in the northern Steppe of Ukraine]. *Zernovi kultury*, 4(1), 152–159. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0119> [in Ukrainian].
  6. Hrytsyuk, N. V., Dovbysh, L. L., Bakalova, A. V., & Puznyak, O. M. (2022). Zaburianenist korotkorotatsiinoi sivozminy zalezno vid systemy udobrennia na dermovo-pidzolyistkykh gruntakh [Weediness of short-rotation crop rotation depending on the fertilization system on sod-podzolic soils]. *Scientific Progress & Innovations*, 1, 77–83. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.01.09> [in Ukrainian].
  7. Mashchenko, Yu. V., & Sokolovska, I. M. (2023). Produktyvnist kukurudzy zalezno vid yii chastky v sivozmini ta udobrennia [Corn productivity depending on its share in crop rotation and fertilization]. *Ahrarni innovatsii*, 21, 57–63. <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2023.21.8> [in Ukrainian].
  8. Huralchuk, Zh. Z., & Morderer, Ye. Yu. (2019). Problema rezystentnosti roslin do herbitsydiv – inhibitoriv atsetolaktatsyntazy [The problem of plant resistance to herbicides – inhibitors of acetolactate synthase]. *Fakty eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmiv*, 24, 296–301. <https://doi.org/10.7124/FEEO.v24.1118> [in Ukrainian].
  9. Shuvar, I. A., Korpita, H. M., & Hadzalo, O. J. (2025). Global warming as a factor of growth of invasiveness of segetal plant species in the Western Forest-Steppe. *Bulletin of Agricultural Science*, 7(868), 47–61. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202507-05>.
  10. Rehman, A., Imran, M., Sajjad, M., Umair, R., Nawaz, S., & Ijaz, B. (2025). Evaluation of herbicide efficiency and their impact with reduced rates along with adjuvants at varying application time in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agricultural Research (JAR)*, 63(1), 49–57. <https://doi.org/10.58475/2025.63.1.137>.
  11. Edleusa, P. Seide, Lucas, A. Mendes, & Jandre, M. Stein. (2022). Corn Yield in Monoculture and Intercropped with Cover Plants and Aggregates Stabilit. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*, 4(2), <https://doi.org/10.24018/ejfood.2022.4.2.426>.
  12. Asanishvili, N. M., Yula, V. M., & Shliakhturova, S. P. (2020). Formuvannya elementiv struktury vrozhaiu kukurudzy pid vplyvom tekhnologii vyroshchuvannya v Lisostepu [Formation of elements of the corn yield structure under the influence of growing technology in the Forest-Steppe]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho NUS*, 96, 663–676. <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2020-96-1-663-676> [in Ukrainian].
  13. Averchev, O. V., & Ivaniv, M. O. (2020). Indeksy vrozhaivosti ta efektyvnoi produktyvnosti u hibrydiv kukurudzy riznykh hrup FAO za riznymi sposobamy polyvu ta volohozabezpechenosti v posushlyvomu stepi Ukrainy [Yield and effective productivity indices of corn hybrids of different FAO groups under different irrigation methods and moisture supply in the arid steppe of Ukraine]. *Tavriyskiy naukovyi visnyk*, 114, 3–12. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.1> [in Ukrainian].
  14. Repilevskyi, D. E., & Ivaniv, M. O. (2021). Struktura vrozhaiu hibrydiv kukurudzy riznykh hrup FAO zalezno vid sposobiv zroshennia v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Yield structure of corn hybrids of different FAO groups depending on irrigation methods in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Tavriyskiy naukovyi visnyk*, 119, 99–111. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.18> [in Ukrainian].
  15. Hospodarenko, H. M., Chernov, O. D., Liubych, V. V., & Sadovskiy, I. S. (2023). Struktura vrozhaiu kukurudzy zalezno vid systemy udobrennia v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu [The structure of corn yield depending on the fertilization system in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe]. *Zemlerobstvo ta roslinnytstvo: teoriia i praktyka*, 1(7), 26–37. <https://doi.org/10.54651/agri.2023.01.04> [in Ukrainian].
  16. Ushkarenko, V. O., Vozhehova, R. A., Holoborodko, S. P., & Kokovikhin, S. V. (2014). *Metodyka polovoho doslidu (Zroshuvane zemlerobstvo) [Field experiment methodology (Irrigated agriculture)]*. Kherson: Hrin D.S., 448. [in Ukrainian].

17. Vozhehova, R. A., Lavrynenko, Yu. O. (2014). *Metodyka polovnykh i laboratorykh doslidzhen na zroshuvannykh zemliakh [Methodology of field and laboratory research on irrigated lands]*. Kherson: Hrin D. S., 286 [in Ukrainian].
18. Trybel, S. O., Siharova, D. D., Sekun, M. P., & Ivashchenko, O. O. (2001). *Metody vyprovuvannia ta zastosuvannia pestytsydiv [Methods of testing and application of pesticides]*. Kyiv: Svit, 256 [in Ukrainian].
19. Vozhehova, R. A., Zaiets, S. O., & Rudik, O. L. (2025). *Formuvannia osnov ekolocho-bezpechnoho funktsionuvannia ahrofitotsenoziv na nepolyvnykh zemliakh Pivdennoho Stepu [Formation of the foundations of ecologically safe functioning of agrophytocenoses on non-irrigated lands of the Southern Steppe]*. Odesa: Oldi+, 50 [in Ukrainian].
20. Derzhavnyi reiestr pestytsydiv i ahrokhimikativ dozvolenykh do vykorystannia v Ukraini [State Register of Pesticides and Agrochemicals Allowed for Use in Ukraine]. URL: <https://eco.gov.ua/registers/perelik-pestytsydiv-i-ahrokhimikativ-dozvolenykh-dlya-vikorystannia> [in Ukrainian].
21. Vozhehova, R. A., Lavrynenko, Yu. O., & Marchenko, T. Yu. (2024). *Naukovi osnovy vyroshchuvannia hibrvidiv kukurudzy v umovakh zroshennia Pivdennoho Stepu Ukrainy [Scientific foundations of growing corn hybrids under irrigated conditions of the Southern Steppe of Ukraine]*. Odesa: Oldi+, 180 [in Ukrainian].
22. Donets, A., Marchenko, T., Lavrynenko, Yu., Piliarska, O., & Mishchenko, S. (2026). The impact of continuous maize cultivation on grain yield and agro-physical parameters of the arable soil layer. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 27(1), 1–13. <https://doi.org/10.12912/27197050/214464>.

**Донець А.О., Марченко Т.Ю., Пілярська О.О., Міщенко С.В., Лавриненко Ю.О. Динаміка маси 1000 зерен у гібридів кукурудзи різних груп ФАО за беззмінних посівів та системи захисту від сеgetальної рослинності**

**Мета.** Встановити показники маси 1000 зерен у гібридів кукурудзи різних груп ФАО та їх зв'язок урожайністю зерна за різних систем захисту від сеgetальної рослинності в беззмінних п'ятирічних посівах. **Методи.** Польові дослідження проведені в Інституті кліматично орієнтованого сільського господарства НААН в агроекологічній зоні Південного Степу України (2021–2025 рр., 46°38'24" півн. шир. 32°36'52" схід. довг.). В дослідженнях використовували інноваційні гібриди української селекції (ФАО 190–430), що занесені до Державного реєстру сортів рослин України. Дослідження проводились за краплинного поверхневого зрошення з рівнем передполивної вологості ґрунту в шарі 0–50 см 75% НВ. Для захисту рослин від сеgetалів використовували гербіциди Фронт'єр® Оптіма та Майстер® Пауер. **Результати.** На п'ятому році беззмінних посівів кукурудзи без використання гербіцидів маса 1000 зерен у середньому за гібридами, зменшилась з 286,8 г до 223,8 г. Найбільше реагували на забур'яненість пізньостиглі гібриди Тронка та Арабат (ФАО 380 та ФАО 430). Маса 1000 зерен у них зменшилась на п'ятий рік беззмінних посівів на 83 та 107 г відповідно, що вказує на негативний вплив сеgetальних рослин. Скоростиглі гібриди Степовий та Хотин менше реагували на забур'яненість у зв'язку з меншою

тривалістю періоду вегетації, що зменшило термін відродження ґрунтових запасів сеgetалів. Застосування ґрунтового гербіциду Фронт'єр® Оптіма суттєво зменшило різницю за масою 1000 зерен у гібридів на першому та п'ятому році беззмінних посівів. Найменша різниця маси 1000 зерен у гібридів кукурудзи на першому та п'ятому році беззмінних посівів спостерігалась за використання сумісної дії ґрунтового та післясходового гербіцидів (Фронт'єр + Майстер® Пауер), що вказує на мінімальний вплив на формування та налив зерна сеgetальних рослин за такої системи захисту. Урожайність зерна досліджуваних гібридів за п'ятирічний термін беззмінних посівів та різних систем захисту від сеgetалів позитивно корелює з масою 1000 зерен. Найбільші коефіцієнти кореляції були зафіксовані у гібридів з подовженою тривалістю вегетації та більшою потенційною урожайністю – Тронка та Арабат (коефіцієнти кореляції  $r = 0,620$  і  $r = 0,861$  відповідно). **Висновки.** Маса 1000 насінин позитивно корелює з урожайністю зерна на певному проміжку параметрів крупності. Підвищення маси 1000 зерен за оптимум крупності призводить до різкого падіння урожайності зерна, що спостерігається за умов алелопатії сеgetальних рослин, та низького рівня запилення качана.

**Ключові слова:** кукурудза, маса 1000 зерен, морфометрія, сеgetали, гібриди, гербіциди, захист рослин, урожайність.

**Donets A.O., Marchenko T.Yu., Piliarska O.O., Mishchenko S.V., Lavrynenko Yu.O. Dynamics of 1000-grain weight in maize hybrids of different FAO groups under constant cropping and protection systems against segetal vegetation**

**Purpose.** To establish the 1000-grain weight indicators of maize hybrids of different FAO groups and their relationship with grain yield under different protection systems against segetal vegetation in constant five-year crops. **Methods.** Field studies were conducted at the Institute of Climate-Oriented Agriculture of the National Academy of Sciences of the National Academy of Sciences of the Ukrainian Academy of Sciences in the agroecological zone of the Southern Steppe of Ukraine (2021–2025, 46°38'24" N lat. 32°36'52" E long.). The studies used innovative hybrids of Ukrainian selection (FAO 190–430), which are listed in the State Register of Plant Varieties of Ukraine. The studies were conducted under drip surface irrigation with a pre-irrigation soil moisture level in the 0–50 cm layer of 75% RH. To protect plants from segetals, the herbicides Frontier® Optima and MaisTer® Power were used. **Results.** In the fifth year of continuous maize cultivation without the use of herbicides, the weight of 1000 grains, on average across hybrids, decreased from 286.8 g to 223.8 g. The late-ripening hybrids Tronka and Arabat (FAO 380 and FAO 430) responded most to weed infestation. The weight of 1000 grains in them decreased by 83 and 107 g, respectively, in the fifth year of continuous cropping, indicating a negative impact of segetal plants. The early-ripening hybrids Stepovyi and Khotyn responded less to weed infestation due to the shorter duration of the growing season, which reduced the period of regeneration of soil segetal reserves. The use of the soil herbicide Frontier® Optima significantly reduced the difference in 1000-grain weight in hybrids in the first and fifth years of continuous crops. The smallest difference in 1000-grain weight in maize hybrids in the first and fifth years of continuous crops was observed when using the combined action of

soil and post-emergence herbicides (Frontier + Meister® Power), which indicates a minimal impact on the formation and filling of grains of segetal plants under such a protection system. The grain yield of the studied hybrids over a five-year period of continuous crops and various protection systems against segetals is positively correlated with the weight of 1000 grains. The highest correlation coefficients were recorded in hybrids with an extended vegetation period and higher potential yield – Tronka and Arabat

(correlation coefficients  $r = 0.620$ ,  $r = 0.861$ , respectively). **Conclusions.** The weight of 1000 seeds is positively correlated with grain yield over a certain range of grain size parameters. An increase in the weight of 1000 grains beyond the optimum grain size leads to a sharp drop in grain yield, which is observed under conditions of allelopathy of segetal plants and low pollination of the ear.

**Key words:** maize, 1000-grain weight, morphometry, segetals, hybrids, herbicides, plant protection, yield.

Дата першого надходження статті до видання: 27.04.2026  
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026  
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## ВМІСТ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН У ПЛОДАХ ЛОХИНИ ЩИТКОВОЇ (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.)

ЄВПАК О.В. – аспірант

[orcid.org/0009-0009-3619-8729](https://orcid.org/0009-0009-3619-8729)

Національний університет біоресурсів і природокористування України

ШЕВЧУК Л.М. – доктор сільськогосподарських наук, професор

[orcid.org/0000-0001-7424-8840](https://orcid.org/0000-0001-7424-8840)

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Постановка проблеми.** Основними корисними властивостями плодово-ягідної продукції для людського організму є наявність вуглеводів та органічних кислот [1,2].

Ріст та розвиток ягід відбувається за рахунок поділу клітин та утворенню тканин за участю біохімічних сполук. Поступово ягода досягає споживчої стиглості, набуває характерного зовнішнього вигляду та накопичує максимальну кількість цукрів та органічних кислот, які безпосередньо і впливають на характер її смаку та запаху [1,2,3,4].

Для людського організму прості вуглеводи насамперед глюкоза та фруктоза являються джерелом енергії [1]. Під час досягання плодів у результаті природного процесу дихання ягоди стають солодшими за рахунок зменшення вмісту органічних кислот і перетворення останніх на цукри [2,4].

Наявність органічних кислот є надзвичайно важливим для належного функціонування людського організму, оскільки вони приймають активну участь у підтриманні кислотно-лужного балансу, у протидії розвитку шкідливих мікроорганізмів та захисту від дії радіонуклідів та променевих ушкоджень [5]. Для людського організму добова потреба в органічних кислотах складає 2 г [2].

Міцність плодів безпосередньо залежить від товщини клітинних стінок, а саме від вмісту клітковини, оскільки кращою лежкістю характеризуються плоди з найвищою кількістю механічних елементів тканин [6].

Вміст сухих речовин, цукрів та органічних кислот залежить не лише від сорту, а насамперед варіює залежно від ґрунтово-кліматичних умов зростання та технології вирощування тієї чи іншої ягідної культури [5,7].

Існує необхідність проведення досліджень сортів різного терміну досягання свіжої ягоди лохини щиткової вирощених у зоні Полісся України на вміст органічних речовин, які безпосередньо формують смакові якості плодів, а також впливають у подальшому на зберігання ягоди.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Плоди ягідних культур характеризуються високим вмістом 80–90 % води та 10–20 % сухих речовин СР, які у ягоді

представлені нерозчинними та розчинними речовинами [8]. До сухих нерозчинних (2–5 %) належать компоненти клітинних стінок і механічних елементів тканин, а саме: целюлоза, геміцелюлоза, протопектин, крохмаль та жири [6,8]. До сухих розчинних речовин СРР (5–18 %) варто віднести білки та амінокислоти, вуглеводи, органічні кислоти, поліфеноли та гідропектин [6,8].

За даними науковців вміст СР у різних плодівих та ягідних культурах коливається у межах 7–26 % [9]. За літературними даними у ягоді лохини щиткової (*Vaccinium corymbosum* L.) міститься 12,2–20,5 % СР, серед яких 10,6–14,5 % перебувають у формі СРР [1]. У чорниці звичайній (*Vaccinium myrtillus* L.) вміст СР становить 11–14 %, з яких СРР 10–13 % [1].

Порівнюючи плоди лохини щиткової з іншими ягідними культурами, варто зазначити, що за даними дослідників вміст СР у ягоді малини варіює у межах 10,7–19,4 %, ожини 12,0–25,7 % [10].

Вміст СРР у ягоді лохини щиткової безпосередньо залежить від строків досягання ягоди і найбільше зосереджується у пізніх сортів [3]. У групи ранньостиглих сортів вміст СРР становить 8,9–11,9 %, у середніх – 11,3–12,3 %, у пізніх – 12,3–13,4 % [3].

Вміст СРР у ягоді лохини щиткової, вирощеної на території Латвійської Республіки, коливався у межах 8,5–13,0 % (сорті Джерсі, Блурей, Блукроп, Спартан, Блуджей, Берклі, Дюк, Чіпева, Нортланд, Чандлер) [11]. Найвищим вмістом відзначився сорт Дюк (13,0 %), а найнижчим – Берклі (8,5 %) [11]. Невисокий вміст СРР у окремих сортів науковцями пояснюється високою кількістю опадів, недостатньою фотосинтетичною активністю та прохолоднішим кліматом [11].

За результатами досліджень проведених на території Польської Республіки сорт лохини Джерсі характеризувався найвищим вмістом СР 15,83 %, де 12,35 % представлено СРР [12]. Деяко нижчі показники СР мали сорти Блукроп 15,50 % та Блурей 15,23 %, а СРР, відповідно: 13,32; 13,17 % [12]. Найнижчим вмістом СР та СРР відзначився сорт Спартан, відповідно: 14,46 і 12,35 % [12].

За результатами досліджень Ścibisz I. та ін. найвищим вмістом СРР відзначився сорт Брігітаблу 15,5 %, найнижчим – сорти Берклі і Патріот, відповідно: 11,7;



12,3 % [13]. Середнім вмістом 14,0–14,6 % СРР характеризувались наступні сорти: Ерліблу, Дюк, Торо, Герберт, Блукроп, Сієра, Блуголд, Дароу, Нельсон, Лейтблу [13].

Дослідниками Сіленко В.О. та ін. у правобережній частині Західного Лісостепу України було встановлено вміст СРР у наступних сортів лохини щиткової: Ерліблу 14,32; Патріот 12,60; Блуголд 11,61; Блукроп 12,30; Дароу 13,78 та Торо 12,66 % [7].

У зоні Лісостепу України за даними Шевчук Л.М. та ін. найбільшим вмістом СР відзначилися сорт Река 17,48 % та Елізабет 17,24 %. Сорт Блуголд виявився із значно нижчим вмістом СР на рівні 15,57 % [9]. Найвищим вмістом СРР відзначився сорт Река 13,24 %, сорти Елізабет та Блуголд дещо нижчими показниками, відповідно: 12,97; 11,70 % [9].

В умовах Прикарпаття за даними Карбівської У.М. та ін. ранньостиглий сорт Дюк накопичував 15,7 % СРР, середньостиглі Спартан та Патріот, відповідно, 16,1 і 14,9 % [14].

За даними Шевчук Л.М. та ін. в умовах Полісся України сорт Дюк накопичував 11,14 % СР, тоді як сорти Блукроп та Ліберті, відповідно, 16,46 та 16,06 % [15]. За кількістю СРР найбільшим показником відзначився сорт середнього строку достигання Блукроп (12,43 %), а дещо нижчими показниками сорти Дюк та Ліберті, відповідно, 11,13 та 10,15 % [15].

За даними науковців вміст загальних цукрів у ранньостиглих сортів знаходиться у межах 6,4–7,9 %, тоді як сорти середнього та пізнього строків достигання характеризуються дещо вищими показниками, відповідно: 6,7–9,8; 8,1–9,3 % [3]. За даними наукових публікацій вміст цукрів у ягоді малини може складати 3,8–10,7, ожини 4,0–12,6 % [10].

За результатами досліджень проведених у Боснії і Герцеговині найбільшим вмістом цукрів характеризувались сорти лохини Блукроп (9,73–9,94 %) та Голдтраубе (8,76–8,93 %). Найнижчим вмістом вуглеводів відзначились сорти Ерліблу та Блуголд, відповідно: 7,32–7,56; 7,30–7,62 % [16].

Дослідженнями, проведеними у правобережній частині Західного Лісостепу України, визначено вміст загальних цукрів у наступних сортів лохини щиткової: Ерліблу 5,20; Патріот 3,26; Блуголд 6,03; Блукроп 6,82; Дароу 4,78 та Торо 5,79 % [7].

За даними Шевчук Л.М. та ін. у зоні Лісостепу України сорти Река та Елізабет відзначились наступним вмістом загальних цукрів, відповідно: 10,64; 10,53 %. Дещо нижчим вмістом вуглеводів характеризувався сорт Блуголд 9,51 % [9]. Вміст основних вуглеводів глюкози та фруктози у цих сортах знаходився у межах 6,11–7,85 % [9].

В умовах Прикарпаття сорти Дюк, Спартан та Патріот відзначились наступним вмістом загальних цукрів у свіжій ягоді, відповідно: 10,1; 9,8; 9,4 % [14].

В умовах Полісся дослідниками встановлено, що сорт Блукроп характеризувався високим вмістом цукрів 8,49 %, невисокими показниками вуглеводів відзначився сорт Ліберті 6,50 % [15].

Клітинний сік ягід характеризується кислою реакцією зумовленою наявністю титрованих кислот (ТК) та похідних від них солей [2]. У плодово-ягідній продукції

на органічні кислоти припадає 0,76–3,4 %, де найбільшим вмістом представлена яблучна, лимонна, щавлева та янтарна кислоти [3,5].

За літературними джерелами вміст ТК у сортах лохини щиткової у ранньостиглих сортах знаходиться на рівні 0,4–0,7%, а середньостиглих – 0,5–0,8 % [3]. Дещо вищими показникам ТК характеризуються сорти пізнього строку достигання 0,7–0,9 % [3].

Аналізуючи вміст ТК у ягоді лохини щиткової, слід зазначити, що за даними наукових публікацій кислотність ягоди малини знаходиться у межах 0,8–2,3, ожини 0,9–2,2 % [10].

За даними дослідників у Латвійській Республіці вміст ТК у більшості досліджуваних сортів (Джерсі, Блурей, Блукроп, Спартан, Блуджей, Берклі, Дюк, Чіпева, Нортланд) не перевищував 1 %, а найвищим вмістом 1,35 % відзначився сорт Чандлер [11].

Сорти лохини, вирощені на території Польщі, також характеризувались вмістом ТК нижче 1 % [12]. За даними Skupień K. найнижчим вмістом ТК відзначився сорт Спартан 0,54 % [12]. Сорти Блукроп, Джерсі та Блурей характеризувались значно вищим вмістом ТК, відповідно, 0,80; 0,81; 0,87 % [12].

За результатами досліджень Ścibisz I. та ін. найвищим вмістом ТК відзначилися сорти Лейтблу, Патріот, Блуголд, відповідно: 1,2; 1,0; 1,0 % [13]. Серед сортів з найнижчим вмістом органічних кислот дослідники відмічають Ерліблу 0,4 та Торо 0,5 % [13]. Середнім вмістом ТК 0,6–0,9 % характеризувались наступні сорти: Берклі, Сієра, Дюк, Брігітаблу, Герберт, Блукроп, Нельсон, Дароу [13].

Науковцями Сіленко В.О. та ін. у правобережній частині Західного Лісостепу України було досліджено вміст ТК у наступних сортів лохини щиткової: Ерліблу 0,62; Патріот 1,02; Блуголд 2,71; Блукроп 1,27; Дароу 1,15 та Торо 0,62 % [7].

У зоні Прикарпаття за даними дослідників Карбівської У.М. та ін. сорти лохини щиткової Дюк, Спартан, Патріот характеризувались наступним вмістом ТК, відповідно: 1,2; 1,1; 1,3 % [14].

В умовах Полісся науковцями Шевчук Л.М. та ін. досліджено вміст титрованих кислот у сортів лохини щиткової Ліберті, Блукроп та Дюк, відповідно: 1,26; 1,08; 1,00 % [15].

У зоні Лісостепу України сорт Река характеризувався невисоким вмістом ТК 1,51 %. Дещо вищою кислотністю відзначились сорти Елізабет та Блуголд, відповідно: 1,95; 2,42 % [9].

Одним з основних показників, який оцінює смакові якості плодів та ягід є цукрово-кислотний індекс (ЦКІ), який вказує на співвідношення загального вмісту цукрів до титрованих кислот у свіжій ягоді. ЦКІ у ягоді лохини щиткової становить 7,7, чорниці звичайної 6,7, малини 5,5, смородини 2,9, журавлини 1,2 [3].

За даними дослідників ЦКІ сортів лохини щиткової Блукроп, Дюк, Ліберті у зоні Полісся становив, відповідно: 7,7; 7,5; 5,2 [15]. У зоні Правобережного Лісостепу ЦКІ для сорту Река становив 7,1, Елізабет 5,7 та Блуголд 3,9 [9].

**Мета дослідження.** Встановити та проаналізувати вміст сухих СР та сухих розчинних речовин СРР, цукрів

та титрованих кислот ТК у плодах лохини щиткової (*Vaccinium corymbosum* L.) сортів різного терміну досягання в умовах Полісся України.

**Матеріали та методика досліджень.** Вміст органічних речовин у ягоді лохини щиткової досліджували в Інституті садівництва НААН у Відділі зберігання, переробки та аналітичних досліджень.

Дослідження проводили у період 2024–2025 рр. Об'єктами досліджень були свіжа ягода лохини щиткової раннього (сорт Фіолент, Река, Спартан), середнього (сорт Блукроп, Торо, Герберт) та пізнього (сорт Еліот) строків досягання. Сорти Спартан та Еліот занесені до Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні [17].

Дослідна ділянка закладена осінню 2022 року на території приватного господарства у Бучанському районі Київської області, де було висаджено по 10 саджанців кожного сорту за схемою посадки 3х1 м. Саджанці лохини висаджувались на піднятих гребнях, які були завчасно покриті агротканиною з метою боротьби з бур'янами. Дослідна ділянка забезпечувалась краплинним зрошенням. Догляд за насадженням лохини щиткової проводився згідно із загальноприйнятою технологією вирощування цієї культури у відкритому ґрунті.

Дослідна ділянка характеризується помірноконтинентальним кліматом із характерними жаркими, посушливими літніми місяцями та холодними зимовими місяцями з великою кількістю опадів. За даними Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського середньобогаторічна температура повітря за період 1991–2020 рр. становила +9,0 °C [18]. Погодні умови у 2024 році характеризувались дуже спекотними весняними та літніми місяцями. У квітні та травні 2024 р. середньомісячна температура повітря становила, відповідно, 12,8; 16,3 °C. Середньомісячна температура повітря у червні, липні та серпні 2024 р. складала, відповідно, 21,5; 24,3; 23,1 °C. Вегетаційний період 2025 р. характеризувався прохолодними весняними та літніми місяцями у порівнянні з попереднім

роком. У квітні та травні 2025 року середньомісячна температура повітря становила 11,1 і 13,6 °C. У червні, липні та серпні 2025 р. середня температура повітря була значно нижчою у порівнянні з 2024 р. і становила, відповідно, 19,1; 22,6; 20,2 °C [18].

Визначення вмісту СР у ягоді лохини щиткової проводили методом висушування у сушильній шафі при температурі 98–100 °C до сталої ваги [19,20].

Рефрактометричним методом проводили визначення вмісту СРР у ягоді лохини із застосуванням рефрактометра РПЛ-4 по залежності коефіцієнта заломлення світла від концентрації розчину [19,21].

Визначення вмісту цукрів здійснювали спектрофотометричним методом із застосуванням розчину Фелінга з подальшим зніманням показників на спектрофотометрі КФК-3-0.1 при довжині хвилі 640 нм [19].

Методом титрування розчином 0,1N гідроксиду натрію та індикатора фенол-фталейну проводили визначення вмісту ТК у ягоді лохини щиткової [19,22].

Цукрово-кислотний індекс ЦКІ визначали способом ділення показника вмісту цукрів на вміст титрованих кислот у ягоді лохини.

Дані досліджень були представлені у вигляді середніх значень із стандартними помилками та були опрацьовані зі залученням комп'ютерної програми Microsoft Office Excel.

**Результати досліджень.** За результатами досліджень, середній вміст СР у плодах лохини щиткової 2024 р. був вищим 18,78 % у порівнянні з даними одержаними у 2025 р. – 18,23 % (табл. 1).

Найвищим вмістом СР у 2024 році відзначився сорт середнього строку досягання Герберт (20,32 %), тоді як найнижчим – ранній сорт Спартан (17,68 %). Решта сортів характеризувалась середнім вмістом СР 18,56–19,05 % (табл. 1). Коефіцієнт варіації 4,3 % між сортами раннього, середнього та пізнього строками досягання дає підстави стверджувати про відсутність різниці у вмісті даного показника у плодах лохини. Подібні результати були отримані у 2025 році, де коефіцієнт сортової

Таблиця 1

**Вміст сухої речовини (СР) та сухих розчинних речовин (СРР) у плодах лохини щиткової, 2024–2025 рр.**

| Сорт                      | Термін досягання | Суша речовина (СР), %   |                         |                         | Сухі розчинні речовини (СРР), % на сиру наважку |                         |                         |
|---------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                           |                  | 2024                    | 2025                    | $\bar{X}$               | 2024                                            | 2025                    | $\bar{X}$               |
| Фіолент                   | ранній           | 18,80±0,32              | 18,40±0,75              | 18,60±0,54              | 15,78±0,20 <sup>a</sup>                         | 14,80±0,67              | 15,29±0,43              |
| Река                      | ранній           | 18,56±0,25              | 18,37±0,53              | 18,47±0,39              | 15,78±0,19 <sup>a</sup>                         | 14,10±0,61              | 14,94±0,40              |
| Спартан                   | ранній           | 17,68±0,32 <sup>b</sup> | 17,11±0,73              | 17,40±0,53 <sup>b</sup> | 13,38±0,20 <sup>b</sup>                         | 14,50±0,67              | 13,94±0,44              |
| Блукроп                   | середній         | 18,56±0,27              | 18,44±0,75              | 18,50±0,51              | 14,78±0,23 <sup>b</sup>                         | 13,30±0,69              | 14,04±0,46              |
| Торо                      | середній         | 18,50±0,27              | 17,42±0,76              | 17,96±0,52              | 13,78±0,26 <sup>b</sup>                         | 12,30±0,61 <sup>b</sup> | 13,04±0,44 <sup>b</sup> |
| Герберт                   | середній         | 20,32±0,13 <sup>a</sup> | 17,78±0,96              | 19,05±0,55              | 17,17±0,16 <sup>a</sup>                         | 14,60±0,67              | 15,89±0,41 <sup>a</sup> |
| Еліот                     | пізній           | 19,05±0,22              | 20,08±0,68 <sup>a</sup> | 19,57±0,45 <sup>a</sup> | 16,21±0,12 <sup>a</sup>                         | 15,20±0,20 <sup>a</sup> | 15,71±0,16 <sup>a</sup> |
| Max                       |                  | 20,32±0,13 <sup>a</sup> | 20,08±0,68 <sup>a</sup> | 19,57±0,45 <sup>a</sup> | 17,17±0,16 <sup>a</sup>                         | 15,20±0,20 <sup>a</sup> | 15,89±0,41 <sup>a</sup> |
| Min                       |                  | 17,68±0,32 <sup>b</sup> | 17,11±0,73              | 17,40±0,53 <sup>b</sup> | 13,38±0,20 <sup>b</sup>                         | 12,30±0,61 <sup>b</sup> | 13,04±0,44 <sup>b</sup> |
| $\bar{X} \pm SE$          |                  | 18,78±0,26              | 18,23±0,74              | 18,51±0,50              | 15,27±0,19                                      | 14,12±0,59              | 14,70±0,39              |
| Коефіцієнт варіації, V, % |                  | 4,3                     | 5,3                     | 3,8                     | 8,9                                             | 7,1                     | 7,1                     |

Примітка: а – значення показників, які є значно вищими від середнього значення ( $\bar{X}$ ) для досліджуваної групи; b – значення показників, які є значно нижчими від середнього значення ( $\bar{X}$ ) для досліджуваної групи.

мінливості становив 5,3 %. Вкотре найнижчим вмістом СР у 2025 році відзначився сорт Спартан (17,11 %), найвищим пізній Еліот (20,08 %). Пізній сорт Еліот єдиний серед досліджуваних сортів, який характеризувався збільшенням СР у 2025 році у порівнянні з попереднім вегетаційним сезоном 2024 р. За результатами 2-річних даних плоди сорту Спартан накопичували найменшу кількість СР (17,40 %), тоді як сорт Еліот найбільшу – 19,57 % (табл. 1). Варто зазначити, що решта досліджуваних сортів не мали істотної різниці у показниках 17,96–19,05 %. За результатами досліджень 2024–2025 рр. коефіцієнт мінливості 3,8 % вказує на відсутність різниці серед сортів лохини (табл. 1).

У вегетаційному 2024 році ягода лохини характеризувалась більшим вмістом СРР (15,27 %) у порівнянні з сезоном 2025 року (14,12 %). Найменшим вмістом СРР у 2024 р. відзначився сорт Спартан (13,38 %), а найбільшим – сорт Герберт (17,17 %). Решта досліджуваних сортів мали показники у межах 13,78–16,21 % (табл. 1). Невисоким вмістом СРР у 2025 р. характеризувався сорт Торо (12,30 %), а найвищим – сорт Еліот (15,20 %). Варто зауважити, що сорт Спартан у 2025 р. єдиний накопичував більше СРР, ніж у попередній 2024 р. Коефіцієнти мінливості 8,9 (2024 р.) та 7,1 (2025 р.) дають підстави стверджувати про відсутність істотної різниці у вміст СРР у сортах лохини різного терміну достигання (табл. 1). За даними 2024–2025 рр. найвищим вмістом СРР характеризувався сорт Герберт 15,89 %, а найнижчим – Торо (13,04 %).

Вміст загальних цукрів у 2025 році (8,57 %) спостерігався дещо нижчим у порівнянні з даними 2024 року (8,71 %) (табл. 2). Сорти раннього строку достигання Фіолент, Река, Спартан та середній сорт Блукроп накопичували більше вуглеводів у 2025 році у порівнянні з попереднім сезоном 2024 року (табл. 2). Сорти Торо, Герберт та Еліот відзначилися вищими вмістом цукрів у 2024 році.

Найнижчим вмістом цукрів у сезоні 2024 р. відзначився сорт Блукроп (7,73 %), а найвищим – сорт Торо

(9,47 %). Коефіцієнт варіації 7,0 % вказує про відсутність різниці у вмісті цукрів у ягоді сортів лохини щиткової 2024 року (табл. 2). Найнижчим вмістом вуглеводів у 2025 році відзначився сорт Герберт 6,65 %, найвищим – сорт Фіолент 10,66 %. Коефіцієнт мінливості 16,9 % у 2025 році вказує на істотну різницю між сортами різного терміну достигання (табл. 2).

Коефіцієнт варіації 10,4 вказує на неістотну різницю між сортами різного терміну достигання, а найвищим вмістом загальних цукрів відзначився Фіолент (9,99 %), а найнижчим – Герберт 7,66 %.

Вміст ТК у 2025 році був вищим (1,01 %) у порівнянні з даними 2024 року (0,80 %). Кількість ТК у ягоді у 2024 р. коливалася у межах 0,62–0,99 %, де кисліша ягода була характерна сорту Еліот, а найсолодша – Блукроп (табл. 2). Коефіцієнт мінливості 17,8 % дає підстави стверджувати на значну різницю у вмісті ТК серед досліджуваних сортів лохини. Дещо вища мінливість між сортами спостерігалась у 2025 р., де коефіцієнт кореляції становив 20,2 % (табл. 2). Вміст ТК у 2025 році коливався у межах 0,73–1,29 %, де найсолодшою була ягода сорту Фіолент, а найкислішою – Герберт. За результатами 2-річних спостережень показники ТК знаходились у межах 0,71–1,12 %, а коефіцієнт варіації становив 14,1 %.

Коефіцієнт варіації 17,5 у 2024 р. вказує на значну різницю у ЦКІ між сортами різного терміну достигання (табл. 3). Найкислішою ягодою характеризувався сорт Еліот (8,3), а найсолодшою – сорт Фіолент (13,6). Значно більшою різницею у показниках ЦКІ характеризувались сорти лохини щиткової у 2025 р. на що вказує коефіцієнт сортової мінливості на рівні 34,8 %. У 2025 р. сорт Фіолент відзначався найвищим показником ЦКІ 14,7, а найнижчим – Герберт 5,2.

За результатами 2024–2025 рр. ЦКІ для сортів лохини щиткової коливався у межах 7,2 (Герберт) до 14,1 (Фіолент). Коефіцієнт варіації становив 22,9 %, що дає підстави стверджувати про значну різницю між сортами лохини щиткової.

Таблиця 2

**Вміст загальних цукрів, титрованих кислот ТК у плодах лохини щиткової, 2024–2025 рр.**

| Сорт                      | Термін<br>достигання | Цукри                  |                         |                        | Титровані кислоти (ТК) |                        |                        |
|---------------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                           |                      | % на сиру наважку      |                         |                        |                        |                        |                        |
|                           |                      | 2024                   | 2025                    | X                      | 2024                   | 2025                   | X                      |
| Фіолент                   | ранній               | 9,31±0,12 <sup>a</sup> | 10,66±0,65 <sup>a</sup> | 9,99±0,38 <sup>a</sup> | 0,69±0,05 <sup>b</sup> | 0,73±0,06 <sup>b</sup> | 0,71±0,05 <sup>b</sup> |
| Река                      | ранній               | 8,85±0,16              | 9,24±0,40               | 9,05±0,28              | 0,78±0,05              | 0,85±0,08              | 0,82±0,06              |
| Спартан                   | ранній               | 8,81±0,15              | 9,99±0,58 <sup>a</sup>  | 9,40±0,36 <sup>a</sup> | 0,69±0,03 <sup>b</sup> | 1,03±0,10              | 0,86±0,07              |
| Блукроп                   | середній             | 7,73±0,16 <sup>b</sup> | 8,10±0,43               | 7,92±0,30 <sup>b</sup> | 0,62±0,03 <sup>b</sup> | 1,25±0,12 <sup>a</sup> | 0,94±0,08              |
| Торо                      | середній             | 9,47±0,17 <sup>a</sup> | 8,01±0,40               | 8,74±0,29              | 0,90±0,03 <sup>a</sup> | 1,02±0,08              | 0,96±0,05              |
| Герберт                   | середній             | 8,67±0,31              | 6,65±0,41 <sup>b</sup>  | 7,66±0,36 <sup>b</sup> | 0,94±0,05 <sup>a</sup> | 1,29±0,15 <sup>a</sup> | 1,12±0,10 <sup>a</sup> |
| Еліот                     | пізній               | 8,16±0,22 <sup>b</sup> | 7,31±0,61 <sup>b</sup>  | 7,73±0,20 <sup>b</sup> | 0,99±0,03 <sup>a</sup> | 0,91±0,05              | 0,95±0,04              |
| Max                       |                      | 9,47±0,17 <sup>a</sup> | 10,66±0,65 <sup>a</sup> | 9,99±0,38 <sup>a</sup> | 0,99±0,03 <sup>a</sup> | 1,29±0,15 <sup>a</sup> | 1,12±0,10 <sup>a</sup> |
| Min                       |                      | 7,73±0,16 <sup>b</sup> | 6,65±0,41 <sup>b</sup>  | 7,66±0,36 <sup>b</sup> | 0,62±0,03 <sup>b</sup> | 0,73±0,06 <sup>b</sup> | 0,71±0,05 <sup>b</sup> |
| X±SE                      |                      | 8,71±0,12              | 8,57±0,50               | 8,64±0,31              | 0,80±0,04              | 1,01±0,09              | 0,91±0,06              |
| Коефіцієнт варіації, V, % |                      | 7,0                    | 16,9                    | 10,4                   | 17,8                   | 20,2                   | 14,1                   |

Примітка: *a* – значення показників, які є значно вищими від середнього значення ( $\bar{X}$ ) для досліджуваної групи; *b* – значення показників, які є значно нижчими від середнього значення ( $\bar{X}$ ) для досліджуваної групи.

Таблиця 3

Цукрово-кислотний індекс (ЦКІ) у плодах лохини щиткової, 2024–2025 рр.

| Сорт                      | Термін<br>достигання | Цукрово-кислотний індекс (ЦКІ) |                       |                       |
|---------------------------|----------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                           |                      | 2024                           | 2025                  | $\bar{X}$             |
| Фіолент                   | ранній               | 13,6±0,7 <sup>a</sup>          | 14,7±0,4 <sup>a</sup> | 14,1±0,6 <sup>a</sup> |
| Река                      | ранній               | 11,4±0,5                       | 11,0±0,5 <sup>a</sup> | 11,2±0,5 <sup>a</sup> |
| Спартан                   | ранній               | 12,8±0,4 <sup>a</sup>          | 9,7±0,4               | 11,3±0,4 <sup>a</sup> |
| Блукроп                   | середній             | 12,5±0,3 <sup>a</sup>          | 6,5±0,3 <sup>b</sup>  | 9,5±0,3               |
| Торо                      | середній             | 10,5±0,1 <sup>b</sup>          | 7,9±0,2 <sup>b</sup>  | 9,2±0,2 <sup>b</sup>  |
| Герберт                   | середній             | 9,2±0,2 <sup>b</sup>           | 5,2±0,3 <sup>b</sup>  | 7,2±0,2 <sup>b</sup>  |
| Еліот                     | пізній               | 8,3±0,5 <sup>b</sup>           | 8,0±0,2 <sup>b</sup>  | 8,1±0,1 <sup>b</sup>  |
| Max                       |                      | 13,6±0,7 <sup>a</sup>          | 14,7±0,4 <sup>a</sup> | 14,1±0,6 <sup>a</sup> |
| Min                       |                      | 8,3±0,5 <sup>b</sup>           | 5,2±0,3 <sup>b</sup>  | 7,2±0,2 <sup>b</sup>  |
| $\bar{X} \pm SE$          |                      | 11,2±0,4                       | 9,0±0,3               | 10,1±0,3              |
| Коефіцієнт варіації, V, % |                      | 17,5                           | 34,8                  | 22,9                  |

Примітка: а – значення показників, які є значно вищими від середнього значення ( $\bar{X}$ ) для досліджуваної групи; b – значення показників, які є значно нижчими від середнього значення ( $\bar{X}$ ) для досліджуваної групи.

**Висновки.** Результати проведених досліджень свідчать про відсутність різниці у вмісті СР та СРР у сортах лохини раннього, середнього та пізнього строків достигання. Вміст СР та СРР у досліджуваних сортів 2024 р. був дещо вищим у порівнянні з 2025 р. Показники СР у 2024 р. знаходились у межах 17,68–20,32 %, тоді як у 2025 р. – 17,11–20,08 %. Значення СРР у 2024 р. становили 13,38–17,17 %, тоді як у 2025 р. – 12,30–15,20 %. За результатами 2-річних даних вміст сухих речовин у досліджуваних сортах знаходився у межах 17,40–19,57 %, а сухих розчинних – 13,04–15,89 %. Сорти Герберт та Еліот найбільше акумулювали СР та СРР у ягоді, тоді як сорти Торо та Спартан – найменше.

Загальний вміст цукрів у ягоді лохини 2024 р. коливався у межах 7,73–9,47 %, а у 2025 р. – 6,65–10,66 %. За результатами 2-річного дослідження вміст вуглеводів у лохині знаходився у межах 7,66–9,99 %, де найбільшим вмістом відзначились сорти Фіолент та Спартан, а найнижчим – Еліот та Герберт.

У 2025 р. сорти лохини щиткової, за винятком Герберт, накопичували більше ТК у порівнянні з 2024 р. Так, у сезоні 2024 р. вміст ТК коливався у межах 0,62–0,99 %, тоді як у 2025 р. – 0,73–1,29 %. За результатами 2-річних даних показники ТК у сортах лохини знаходилися на рівні 0,71–1,12 %. Найнижчим вмістом природної кислотності відзначився сорт української селекції Фіолент, а найбільшим – Герберт.

ЦКІ у 2024 р. та у 2025 р. коливався у межах, відповідно: 8,3–13,6; 5,2–14,7. Найсолодшою ягодою характеризувався сорт Фіолент, а найкислішою – Герберт та Еліот.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ежов В. М., Гриник І. В. Біохімія плодових культур. Київ : ПП «Санспарель», 2020. 364 с.
2. Біохімія плодів та овочів : навч. посіб. / В. В. Євлаш та ін. Мелітополь : Люкс, 2019. 206 с.
3. Балабак А. Ф., Пиж'янова А. А., Дмитрієв В. І. Чорниця високоросла (*Vaccinium corymbosum* L.): біологічні особливості, інтродукція, сорти, технологія розмноження і виробництва. Київ : КТ «Забеліна-Фільковська Т. С. і компанія Київська нотна фабрика», 2017. 288 с.
4. Балабак А. Ф., Поліщук В. В., Пиж'янова А. А. Представники роду *Vaccinium* L. та видові їх різноманіття. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2016. № 88 (1). С. 209–217.
5. Сімахіна Г. О., Науменко Н. В., Камінська С. В., Горлата Н. О. Біологічно активні природні сполуки у життєзабезпеченні організму людини. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2022. Т. 28, № 3. С. 97–106. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2022-28-3-10>
6. Павлюк С. Д. Сучасні підходи до контролю якості і безпечності сільськогосподарської продукції : курс лекцій. Київ : НУБіП України, 2022. 86 с.
7. Сіленко В. О., Марченко С. В. Якісні та товарні ознаки ягід чорниці щиткової (*Vaccinium corymbosum* L.) в умовах Київської області. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. 2013. № 4. С. 40–43. [https://doi.org/10.21498/2518-1017.4\(21\).2013.56848](https://doi.org/10.21498/2518-1017.4(21).2013.56848)
8. Рожко І. С. Основи переробки соковитої продукції : навч. посіб. Дубляни, 2019. 112 с.
9. Shevchuk L. M., Grynyk I. V., Levchuk L. M., Yareshchenko O. M., Tereshchenko Ya. Yu., Babenko S. M. Biochemical contents of highbush blueberry fruits grown in the Western Forest-Steppe of Ukraine. *Agronomy research*. 2021. V. 19, Is. 1. P. 232–249. <https://doi.org/10.15159/ar.21.012>
10. Єжов В. М., Гриник І. В. Біохімічні аспекти селекції ягідних культур родів *Rubus* L. та *Ribes* L. *Садівництво*. 2020. № 75. С. 18–31. <https://doi.org/10.35205/0558-1125-2020-75-18-31>
11. Kampuse S., Šnē E., Šterne D., Krasnova I. Chemical composition of highbush blueberry cultivars. *Latvian Journal of Agronomy*. 2009. No. 12. P. 53–59.
12. Skupień K. Chemical composition of selected cultivars of highbush blueberry fruit (*Vaccinium corymbosum* L.). *Folia Horticulturae*. 2006. Vol. 18, no. 2. P. 47–56.
13. Ścibisz I., Mitek M. Antioxidant properties of highbush blueberry fruit cultivars. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*. 2007. Vol. 10, no. 4. P. 34.
14. Карбівська У. М., Шеленко Д. І., Чумбей В. В., Турак О. Д. Продуктивність ранньостиглих сортів лохини в умовах Прикарпаття. *Український журнал*



- природничих наук. 2024. № 10. С. 121–126. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.10.2024.11>
15. Шевчук Л. М., Лялюк Н. Біохімічні складові плодів лохини. *Тенденції та виклики сучасної аграрної науки в умовах війни : теорія і практика : тези доп. учасників V Міжнародної науково-практичної онлайн конференції*, м. Київ, 25-27 жовтня 2023 р. / НУБіП України. Київ, 2023. С. 234.
  16. Aliman, J., Michalak, I., Busatlic, E., Aliman, L., Kulina, M., Radovic, M., Hasanbegovic, J. Study of the physicochemical properties of highbush blueberry and wild bilberry fruit in central Bosnia. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2020. Vol. 44, no. 2. P. 156–168. <https://doi.org/10.3906/tar-1902-36>
  17. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2026 р. URL: <https://me.gov.ua/view/3069962a-789b-4271-bdd2-533b339c2000> (дата звернення: 20.04.2026).
  18. Кліматичні дані по місту Києву за даними Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського на 2025 р. URL: <https://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/uk/diialnist/klimatologichna/klimatychni-dani-po-kyevu> (дата звернення: 20.04.2026).
  19. Кондратенко П. В., Шевчук Л. М., Левчук Л. М. Методика оцінки якості плодово-ягідної продукції. Київ : СПД «Жителів С.І.», 2008. 79 с.
  20. ДСТУ 7804:2007. Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначання сухих речовин або вологи. Чинний від 2016-04-01. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 19 с.
  21. ДСТУ 8402:2015. Продукти перероблення фруктів та овочів. Рефрактометричний метод визначання вмісту розчинних сухих речовин. Чинний від 2017-07-01. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 19 с.
  22. ДСТУ 4957:2008. Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначання титрованої кислотності. Чинний від 2009-07-01. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2009. 13 с.
- REFERENCES:**
1. Iezhov, V.M., & Hrynyk, I.V. (2020). Biokhimiia plodovykh kultur [Biochemistry of fruit crops]. Kyiv : PP "Sansparel", 364 p. [in Ukrainian].
  2. Yevlash, V.V., Priss, O.P., Serdiuk, M Ye., Pavlotska, L F., Skurikhina, L A., Dudenko, N.V., & Sukharenko, O.I. (2019). Biokhimiia plodiv ta ovochiv [Biochemistry of fruits and vegetables]. Melitopol : Liuks, 206 p. [in Ukrainian].
  3. Balabak, A.F., Pyzhianova, A.A., & Dmytriiev, V.I. (2017). Chornytsia vysokorosla (Vaccinium corymbosum L.): biolohichni osoblyvosti, introduktsiia, sorty, tekhnolohiia rozmnozhenia i vyrobnytstva [Highbush blueberry (Vaccinium corymbosum L.): biological properties, introduction, varieties, propagation and production technology.]. Kyiv : KT «Zabelina-Filkovska T. S. i kompaniia Kyivska notna fabryka», 288 p. [in Ukrainian].
  4. Balabak, A.F., Polishchuk, V.V., & Pyzhianova, A.A. (2016). Predstavnyky rodu Vaccinium L. ta vydove yikh riznomanittia [Representatives of the genus Vaccinium L. and their species diversity]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 88(1), 209–217 [in Ukrainian].
  5. Simakhina, H.O., Naumenko, N.V., Kaminska, S.V., & Horlata, N.O. (2022). Biolohichno aktyvni pryrodni spoluky u zhyttiezabezpechenni orhanizmu liudyny [Biologically active natural compounds in the human body's life support system]. *Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohii*, 28(3), 97–106. <https://doi.org/10.24263/2225-2924-2022-28-3-10> [in Ukrainian].
  6. Pavliuk, S.D. (2022). Suchasni pidkhody do kontroliu yakosti i bezpechnosti silskohospodarskoi produktsii [Modern approaches to quality control and safety of agricultural products]. Kyiv : NUBiP Ukrainy, 86 p. [in Ukrainian].
  7. Silenko V.O., & Marchenko S.V. (2013). Yakisni ta tovarni oznaky yahid chornytsi shchytkovoi (Vaccinium corymbosum L.) v umovakh Kyivskoi oblasti [Quality and product characteristics of highbush blueberries (Vaccinium corymbosum L.) in the conditions of the Kyiv region]. *Sortovyyvchennia ta okhrona prav na sorty roslyn*, 4, 40–43. [https://doi.org/10.21498/2518-1017.4\(21\).2013.56848](https://doi.org/10.21498/2518-1017.4(21).2013.56848) [in Ukrainian].
  8. Rozhko, I. S. (2019). Osnovy pererobky sokovytoi produktsii: navch. posib. [Basics of processing juicy products: a textbook]. Retrieved from <https://repository.lnup.edu.ua/server/api/core/bitstreams/567f3172-ea5c-48c1-8cc3-565cf8e6d90a/content> [in Ukrainian].
  9. Shevchuk, L.M., Grynyk, I.V., Levchuk, L.M., Yareschenko, O.M., Tereshchenko, Ya.Yu., & Babenko, S.M. (2021). Biochemical contents of highbush blueberry fruits grown in the Western Forest-Steppe of Ukraine. *Agronomy research*, 19(1), 232–249. <https://doi.org/10.15159/ar.21.012>
  10. Yezhov, V.M., & Hrynyk I.V. (2020). Biokhimichni aspekty selektsii yahidnykh kultur rodiv Rubus L. ta Ribes L. [Biochemical aspects of breeding berry crops of the genera Rubus L. and Ribes L.]. *Sadivnytstvo*, 75, 18–31. <https://doi.org/10.35205/0558-1125-2020-75-18-31> [in Ukrainian].
  11. Kampuse, S., Šnē, E., Šterne, D., & Krasnova, I. (2009). Chemical composition of highbush blueberry cultivars. *Latvian Journal of Agronomy*, (12), 53–59.
  12. Skupień, K. (2006). Chemical composition of selected cultivars of highbush blueberry fruit (Vaccinium corymbosum L.). *Folia Horticulturae*, 18(2), 47–56.
  13. Ścibisz, I., & Mitek, M. (2007). Antioxidant properties of highbush blueberry fruit cultivars. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 10(4), 34.
  14. Karbivska, U.M., Shelenko, D.I., Chumbei, V.V., & Tural O.D. (2024). Produktivnist rannostyhykh sortiv lokhyny v umovakh Prykarpattia [Productivity of early-ripening blueberry varieties in the Pre-Carpathian region]. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnych nauk*, (10), 121–126. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.10.2024.11> [in Ukrainian].
  15. Shevchuk, L.M., & Latiuk, N. (2023). Biokhimichni skladovi plodiv lokhyny [Biochemical components of blueberries]. In *Materialy V Mizhnarodnoj nauko-vo-praktychnoj onlain konferentsii. Tendentsii ta vykylyky suchasnoi ahrarnoi nauky v umovakh viiny : teoriia i praktyka* [Materials of the International Scientific and Practical Online Conference. Trends and Challenges of Modern Agricultural Science in War Conditions: Theory and Practice]. (pp. 234). Kyiv : NUBiP Ukrainy [in Ukrainian].
  16. Aliman, J., Michalak, I., Busatlic, E., Aliman, L., Kulina, M., Radovic, M., & Hasanbegovic, J. (2020). Study of the physicochemical properties of highbush blueberry and wild bilberry fruit in central Bosnia. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 44(2), 156–168. <https://doi.org/10.3906/tar-1902-36>

17. Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini na 2026 r. (2026) [State register of plant varieties, suitable for dissemination of Ukraine in 2026]. Retrieved from: <https://me.gov.ua/view/3069962a-789b-4271-bdd2-533b339c2000> [in Ukrainian].
18. Klimatychni dani po mistu Kyivu. (2025). [Climatic data for the city of Kyiv]. Retrieved from: <http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/uk/diialnist/klimatolohichna/klimatychni-dani-po-kyivu> [in Ukrainian].
19. Kondratenko, P.V., Shevchuk, L.M., & Levchuk, L.M. (2008). Metodyka otsinky yakosti plodovo-yahidnoi produktsii [Methods of assessing the quality of fruit and berry products]. Kyiv : SPD «Zhyteliev S.I.», 79 p. [in Ukrainian].
20. DNDPKI «Konservpromkompleks». (2016). DSTU 7804:2015 Produkty pererobliannia fruktiv ta ovochiv. Metody vyznachannia sukhych rehovyn abo volohy [State standard of Ukraine 7804:2007. Fruit and vegetable products. Methods for determination of total solids or moisture.]. Kyiv : DP «UkrNDNTs», 19 p. [in Ukrainian].
21. DNDPKI «Konservpromkompleks». (2017). DSTU 8402:2015 Produkty pererobliannia fruktiv ta ovochiv. Refraktometrychnyi metod vyznachannia vmistu rozchynnykh sukhych rehovyn [State standard of Ukraine 8402:2015. Products of fruit and vegetables processing. Refractometric method for determination of soluble dry substances content.]. Kyiv : DP «UkrNDNTs», 19 p. [in Ukrainian].
22. DNDPKI «Konservpromkompleks». (2009). DSTU 4957:2008 Produkty pererobliannia fruktiv ta ovochiv. Metody vyznachennia tytrovanoï kyslotnosti [State standard of Ukraine 4957:2008. Fruits and vegetables products. Methods for determination of titratable acidity.]. Kyiv : DP «UkrNDNTs», 13 p. [in Ukrainian].

**Євпак О.В., Шевчук Л.М. Вміст органічних речовин у плодах лохини щиткової (*Vaccinium corymbosum* L.)**

**Мета.** Дослідити вміст сухих та сухих розчинних речовин, цукрів та титрованих кислот у плодах лохини щиткової (*Vaccinium corymbosum* L.) сортів раннього, середнього та пізнього строку досягання в умовах Полісся України.

**Методи.** За допомогою сушильної шафи проводили визначення сухих речовин у ягоді лохини. Вміст сухих розчинних речовин визначали за допомогою рефрактометра РПЛ-4. Методом титрування визначали вміст органічних кислот у ягоді лохини. Вміст вуглеводів досліджували на спектрофотометрії КФК-3-0,1. Розрахунковим методом визначали цукрово-кислотний індекс.

**Результати.** Вміст сухих та сухих розчинних речовин у ягоді лохини у 2024 р. був вищим у порівнянні з 2025 р. У 2024 р. вміст сухих речовин знаходився у межах 17,68–20,32 %, тоді як у 2025 р. – 17,11–20,08 %. Вміст сухих розчинних речовин у 2024 р. становив 13,38–17,17 %, тоді як у 2025 р. – 12,30–15,20 %. За період 2024–2025 рр. вміст сухих речовин у досліджуваних сортах знаходився у межах 17,40–19,57 %, а сухих розчинних речовин – 13,04–15,89 %. Вміст цукрів у ягоді лохини 2024 р. коливався у межах 7,73–9,47 %, а у 2025 р. – 6,65–10,66 %. Вміст вуглеводів за період 2024–2025 рр. у лохині коливався у межах 7,66–9,99 %. У 2025 р. сорти лохини щиткової, за винятком Герберт, накопичували

більше титрованих кислот у порівнянні з 2024 р. У 2024 р. вміст органічних кислот становив 0,62–0,99 %, тоді як у 2025 р. – 0,73–1,29 %. За 2024–2025 рр. показники титрованої кислотності у сортах лохини знаходилися на рівні 0,71–1,12 %. ЦКІ у 2024 р. та у 2025 р. коливався у межах, відповідно: 8,3–13,6; 5,2–14,7.

**Висновки.** Найбільше сухих речовин у свіжій ягоді накопичували сорти Герберт та Еліот, тоді як сорти Торо та Спартан – найменше. Найбільшим вмістом вуглеводів характеризувались сорти Фіолент та Спартан, а найнижчим Еліот та Герберт. Найнижчим вмістом природної кислотності відзначився сорт української селекції Фіолент, а найбільшим – Герберт. Найвищим цукрово-кислотним індексом характеризувався сорт Фіолент, а найнижчим – Герберт та Еліот.

**Ключові слова:** сухі речовини, сухі розчинні речовини, вуглеводи, титровані кислоти, ягоди

**Yevpak O.V., Shevchuk L.M. The content of organic substances in the berries of the highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.)**

**Purpose.** To research the content of dry matter and soluble solids, sugars, and titratable acids in the berries of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) of early, mid-, and late-season varieties under the conditions of the Polissya region of Ukraine.

**Methods.** The dry matter content in blueberry berries was measured by the use of a drying oven. The soluble solids content was determined with the use of a RPL-4 refractometer. The organic acid content in blueberry berries was determined by the titration method. The sugar content was analyzed on a KFK-3-0.1 spectrophotometer. The sugar-acid index was calculated mathematically.

**Results.** The content of dry matter and soluble solids in blueberries in 2024 was higher compared to 2025. In 2024, the dry matter content ranged from 17.68% to 20.32%, whereas in 2025 it ranged from 17.11% to 20.08%. The soluble solids content in 2024 was 13.38–17.17%, whereas in 2025 it was 12.30–15.20%. Over the 2024–2025 period, the dry matter content in the studied varieties ranged from 17.40% to 19.57%, and the soluble solids content from 13.04% to 15.89%. The sugar content in blueberries in 2024 ranged from 7.73–9.47%, and in 2025 – from 6.65–10.66%. The carbohydrate content in blueberries during the 2024–2025 period ranged from 7.66% to 9.99%. In 2025, highbush blueberry varieties, with the exception of Herbert, accumulated more titratable acids compared to 2024. In 2024, the organic acid content was 0.62–0.99%, while in 2025 it was 0.73–1.29%. During 2024–2025, titratable acidity levels in blueberry varieties ranged from 0.71% to 1.12%. The TSA in 2024 and 2025 fluctuated within the ranges of 8.3–13.6 and 5.2–14.7, respectively.

**Conclusions.** The Herbert and Elliott varieties accumulated the highest dry matter content in fresh berries, while the Toro and Spartan varieties had the lowest. The Fiolent and Spartan varieties were characterized by the highest carbohydrate content, and the Elliott and Herbert varieties by the lowest. The Ukrainian-bred variety Fiolent had the lowest natural acidity, while Herbert had the highest. The Fiolent variety had the highest sugar-acid index, while Herbert and Elliott had the lowest.

**Key words:** dry matter, soluble solids, carbohydrates, titratable acids, berries

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026  
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026  
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ РОСЛИН ЯК КЛЮЧОВИЙ ФАКТОР ФОРМУВАННЯ УРОЖАЙНІСТЬ НУТУ

ЄРЕМКО Л.С. – кандидат сільськогосподарських наук, с.н.с.

[orcid.org/0000-0001-5641-7436](https://orcid.org/0000-0001-5641-7436)

Полтавський державний аграрний університет

СВЯТЕЦЬКИЙ В.А. – здобувач ступеня доктора філософії

[orcid.org/0009-0003-8675-2755](https://orcid.org/0009-0003-8675-2755)

Полтавський державний аграрний університет

**Постановка проблеми.** Важливим аспектом подолання продовольчої кризи в умовах глобальних змін клімату є стабілізація виробництва зернової продукції культур, що характеризуються стійкістю до комплексного впливу несприятливих факторів навколишнього середовища. У цьому контексті стратегічного значення набуває оптимізація агротехнологічного процесу вирощування нуту. Його основними біологічними властивостями є здатність витримувати комплексну дію посухи і підвищених середньодобових температур повітря і разом з тим бути стійким до впливу знижених позитивних температур та короткострокових приморозів [1,2].

Насіння цієї культури містить у своєму складі значну частину білків, вуглеводів з низьким глікемічним індексом і є недорогим джерелом незамінних амінокислот (за винятком сірковмісних), дієтичних волокон, вітамінів (А, С, Е, К, В1–В3, В5, В6, В9), мінералів (Fe, Zn, Ca, Mg), біологічно активних сполук, що характеризуються антиоксидантною, протизапальною та антигіпертензивною активністю, а також зниженням рівня холестерину та глікемії [3,4]. Хоча ліпіди присутні в невеликих кількостях, нут містить значну кількість важливих для харчування ненасичених жирних кислот, таких як лінолева та олеїнова [5, 6].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Рослини нуту мають унікальну здатність встановлювати симбіотичні взаємовідносини із бульбочковими бактеріями роду *Mesorhizobium*, зокрема *Mesorhizobium cicerian* і *Mesorhizobium mediterraneum*. У ході бобово-ризобіального симбіозу відбувається перетворення або відновлення  $N_2$  повітря до  $NH_4^+$  [19], що становить 60-80 % потреби у N для використання рослинами у процесах синтезу білка і нуклеїнових кислот [7]. У цьому відношенні перспективним екологічнобезпечним агротехнологічним прийомом може бути застосування біологічних препаратів на основі азотфіксуючих бактерій для доповнення інюкуляції насіння [8].

Разом з тим вчені зазначають, що незважаючи на те, що N атмосфери є необмеженим ресурсом живлення, його симбіотична фіксація бульбочковими бактеріями зазвичай не може повністю задовольнити потреби рослин. Таким чином засвоєння N у ході бобово-ризобіального симбіозу зазвичай не досягає такого ж рівня, як

поглинання  $NO_3^-$  і  $NH_4^+$  кореневою системою за умови достатньої їх присутності у ґрунті. Це явище пояснює пригнічення симбіотичної азотфіксації за внесення високих доз мінерального азоту, а рослини задовольняють свої потреби в даному елементі за рахунок засвоєння його мінеральних форм з ґрунту як несимбіотичні вищі рослини [9]. Є вчені, що свідчать про необхідність внесення стартових доз N до моменту поки не будуть сформовані достатньо розвинена коренева система та бульбочки на ній [10].

Ключовим фактором становлення і функціонування бобово-ризобіального симбіозу є наявність фосфору у поживному середовищі, що обумовлено його присутністю у реакціях перенесення енергії в бульбочках під час фіксації  $N_2$ . Редукція кожної молекули  $N_2$  ризобіями вимагає 16 молей АТФ [11], що постачається з рослини до бульбочок. Оцінюється, що використання загального рослинного P на підтримку симбіотичної активності становить близько 20%. Достатня наявність P у ґрунті забезпечує підвищення толерантності рослин до впливу підвищених середньодобових температур повітря і ґрунту, недостатнього його зволоження і перезволоження, засоленості та токсичної дії важких металів. Дефіцит даного елемента негативно позначається на процесах розвитку кореневої системи та формування генеративних органів, що у кінцевому результаті призводить до зниження кількості плодів та їх маси [12]. Рослини мають здатність відчувати та реагувати на зміни в доступності P через специфічні сигнальні шляхи, модулювання кореневої архітекtonіки та корекції морфології коренів [13]. Також зазначається, що рослини можуть витримувати різноманітні абіотичні стреси, включаючи спеку, посуху, солоність і токсичність важких металів за рахунок модулювання метаболізму P [14].

K відіграє важливу роль у процесах синтезу хлорофілу та поглинання  $NO_3^-$ , таким чином визначаючи ефективність використання N, транспортування асимілатів з листя до генеративних органів, що відповідно позначається на процесах росту рослин та формування їх біологічної продуктивності. Наявність даного елемента за рахунок впливу на проходження фізіологічних і молекулярних процесів, відповідальних за добовий цикл коренів, підтримує водний баланс рослин [15]. У бобових рослин  $K^+$ , як найпоширеніший внутрішньоклітинний



катіон, відіграє важливу роль у формуванні потужної кореневої системи та поглинанні нею вологи, розвитку корневих волосків, що, у свою чергу, покращує нодуляцію та фіксацію  $N_2$  повітря. Водночас його присутність забезпечує підтримку тургорного тиску бактеріальних клітин, регуляцію рН, експресію генів та активацію клітинних ферментів [16].

Мікроелементи відіграють ключову роль у підвищенні врожайності зернобобових культур завдяки їх впливу на процес азотфіксації. Вони виступають як супутні фактори у ферментативній системі, а також приймають участь у ключових фізіологічних процесах фотосинтезу та дихання. Дефіцит мікроелементів може значно знизити врожайність і якість рослин. Вважається, що кращим способом забезпечення рослин мікроелементами є проведення позакореневого підживлення рослин під час вегетації. Вчені зазначають, що застосування даного агроприйому забезпечує засвоєння поживних речовин на 90% [17].

Ефективним доповненням до застосування мінеральних добрив можуть бути біологічні інокулянти із стимуляторним ефектом на основі корисних мікроорганізмів і грибів. Їх застосування може сприяти підвищенню продуктивності та покращанню якості кінцевої продукції за рахунок стимулювання імунної системи рослин, посилення засвоєння поживних речовин та підвищення ефективності їх використання у процесі росту і розвитку, а також зменшення вимивання поживних речовин із ґрунту [18].

**Мета дослідження** – визначення впливу біологічного інокулянту на основі азотфіксуючих бактерій *Mesorhizobium ciceri*, мінеральних добрив і мікродобрива В та їх поєднання на процеси росту і розвитку рослин та формування врожаю нуту.

**Матеріали та методика дослідження.** Польове дослідження було проведено на чорноземних ґрунтах Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції імені М.І. Вавилова Інституту свинарства і АПВ НААН.

Основними факторами, що вивчалися були:

- обробка насіння біологічним інокулянтом BiNitro Нут (фактор А);

- внесення різних доз мінеральних добрив та проведення позакореневого підживлення посівів мікродобривом В:  $N_0P_0K_0$ ,  $N_0P_{35}K_{35}$ ,  $N_{20}P_{70}K_{70}$ ,  $N_0P_0K_0+B$ ,  $N_0P_{35}K_{35}+B$ ,  $N_{20}P_{70}K_{70}+B$  (фактор В).

Нут сорту Чекбек вирощували у досліді із рендомізованим розміщенням варіантів у чотириразовій повторності. Облікова площа ділянки становила 40 м<sup>2</sup>. Азотні добрива вносили у вигляді аміачної селітри, фосфорні – у вигляді суперфосфату, калійні – у вигляді калію хлористого до проведення передпосівної культивування. Інокуляцію насіння проводили у день сівби, застосовуючи біологічний інокулянт BiNitro Нут, що містить азотфіксуючі бульбочкові бактерії *Mesorhizobium ciceri* з титром не менше  $2 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup> та продукти їх метаболізму (фітогормони, амінокислоти, вітаміни) із дозою використання 2,0 л на 1 т насіння. На час настання фази бутонізації проводили підживлення посівів нуту мікродобривом Бор 150 із вмістом В на рівні 150 г/л та N, що

покращує засвоєння В – 60 г/л. Доза внесення мікродобрива становила 1,0 л/га.

Дослідження проводили згідно загальноприйнятої методики [19]. Математичну обробку отриманих результатів здійснювали за використання методу дисперсійного аналізу. Агротехніка вирощування культури була загальноприйнятою для зони, за виключенням елементів, що вивчалися.

**Результати дослідження.** Фотосинтез є основним фізіологічним процесом, що безпосередньо забезпечує матеріальну основу для росту, розвитку та формування продуктивності рослин. Ключовими органами, у яких відбувається синтез фотоасимілятів, необхідних для створення надземної біомаси є листові пластинки. Їх розвиток визначається дією комплексу факторів навколишнього середовища, серед яких вагому роль відіграє забезпеченість рослин елементами мінерального живлення [20].

Отримані результати дослідження показали, позитивний вплив застосування мінеральних добрив, мікродобрива, біологічного інокулянту та їх поєднання на формування листової поверхні посівів нуту. Зокрема внесення мінеральних добрив сприяло збільшенню значень даного показника у фазі формування бобів на 1,8–3,9 тис. м<sup>2</sup>/га, причому збільшення дози удобрення забезпечувало кращий розвиток листової поверхні. У варіантах із допосівною інокуляцією насіння перевищення величини площі листової поверхні посівів щодо контрольного варіанту становило 0,9 тис. м<sup>2</sup>/га. Проведення позакореневого підживлення посівів В сприяло збільшенню величини даного параметру порівняно з контролем на 0,3 тис. м<sup>2</sup>/га (табл. 1).

Поєднання інокуляції насіння і позакореневого підживлення рослин В сприяло збільшенню величини листової поверхні посівів нуту на 1,5 тис. м<sup>2</sup>/га порівняно з контролем. Найбільш сприятливі умови розвитку листової поверхні створювалися у варіанті поєднання інокуляції насіння і позакореневого підживлення посівів В на фоні внесення  $N_{20}P_{70}K_{70}$ .

Кількість синтезованої рослиною органічної речовини визначається не тільки розмірами листової поверхні, а й тривалістю періоду її активного функціонування, який виражає величина фотосинтетичного потенціалу посівів. Результати дослідження показали збільшення величини даного показника по мірі покращання забезпеченості рослин елементами мінерального живлення. Зокрема, мінеральне удобрення сприяло збільшенню фотосинтетичного потенціалу посівів нуту на 0,09–0,22 млн. м<sup>2</sup>×дб/га щодо контролю. У варіантах із застосуванням біологічного інокулянту величина даного показника зростала порівняно із контрольним варіантом на 0,05 млн. м<sup>2</sup>×дб/га. Позакореневе підживлення рослин В сприяло збільшенню фотосинтетичного потенціалу посівів нуту на 0,06 млн. м<sup>2</sup>×дб/га. Більш ефективним у цьому відношенні виявилось поєднання інокуляції насіння і позакореневого підживлення рослин В, де фотосинтетичний потенціал посівів становив 1,31 млн м<sup>2</sup>×дб/га. Максимальні значення даного показника (1,59 млн. м<sup>2</sup>×дб/га) були відмічені у варіанті BiNitro Нут+ $N_{20}P_{70}K_{70}+B$ .

Таблиця 1

Окремі параметри фотосинтетичної діяльності посівів нуту залежно від застосування мінеральних добрив, мікродобрива і біологічного інокулянту (формування бобів), (2024–2025 рр.)

| Інокуляція насіння | Удобрення                                          | Площа листової поверхні посівів тис. м <sup>2</sup> /га | Фотосинтетичний потенціал, млн. м <sup>2</sup> ×дїб/га | Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м <sup>2</sup> за добу |
|--------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| –                  | N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>       | 25,4                                                    | 1,23                                                   | 3,29                                                       |
|                    | N <sub>0</sub> P <sub>35</sub> K <sub>35</sub>     | 27,2                                                    | 1,32                                                   | 4,25                                                       |
|                    | N <sub>20</sub> P <sub>70</sub> K <sub>70</sub>    | 29,3                                                    | 1,45                                                   | 4,89                                                       |
|                    | N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> +B    | 25,7                                                    | 1,29                                                   | 3,56                                                       |
|                    | N <sub>0</sub> P <sub>35</sub> K <sub>35</sub> +B  | 28,4                                                    | 1,37                                                   | 4,54                                                       |
|                    | N <sub>20</sub> P <sub>70</sub> K <sub>70</sub> +B | 29,8                                                    | 1,54                                                   | 5,23                                                       |
| BiNitro Нут        | N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>       | 26,3                                                    | 1,28                                                   | 3,34                                                       |
|                    | N <sub>0</sub> P <sub>35</sub> K <sub>35</sub>     | 27,9                                                    | 1,34                                                   | 4,68                                                       |
|                    | N <sub>20</sub> P <sub>70</sub> K <sub>70</sub>    | 29,7                                                    | 1,49                                                   | 4,95                                                       |
|                    | N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> +B    | 26,9                                                    | 1,31                                                   | 3,74                                                       |
|                    | N <sub>0</sub> P <sub>35</sub> K <sub>35</sub> +B  | 28,8                                                    | 1,41                                                   | 4,83                                                       |
|                    | N <sub>20</sub> P <sub>70</sub> K <sub>70</sub> +B | 30,9                                                    | 1,59                                                   | 5,48                                                       |

Таблиця 2

Індивідуальна продуктивність рослин нуту залежно від застосування мінеральних добрив, мікродобрива і біологічного інокулянту, (2024–2025 рр.)

| Інокуляція насіння | Удобрення                                          | Кількість бобів на одній рослині, шт | Кількість насінин у 1 бобі, шт. | Маса 1000 насінин, г |
|--------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|----------------------|
| –                  | N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>       | 25,4                                 | 1,23                            | 312                  |
|                    | N <sub>0</sub> P <sub>35</sub> K <sub>35</sub>     | 27,2                                 | 1,32                            | 365                  |
|                    | N <sub>20</sub> P <sub>70</sub> K <sub>70</sub>    | 29,3                                 | 1,45                            | 419                  |
|                    | N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> +B    | 25,7                                 | 1,29                            | 324                  |
|                    | N <sub>0</sub> P <sub>35</sub> K <sub>35</sub> +B  | 28,4                                 | 1,37                            | 389                  |
|                    | N <sub>20</sub> P <sub>70</sub> K <sub>70</sub> +B | 29,8                                 | 1,54                            | 438                  |
| BiNitro Нут        | N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>       | 26,3                                 | 1,30                            | 342                  |
|                    | N <sub>0</sub> P <sub>35</sub> K <sub>35</sub>     | 27,9                                 | 1,34                            | 396                  |
|                    | N <sub>20</sub> P <sub>70</sub> K <sub>70</sub>    | 29,7                                 | 1,49                            | 456                  |
|                    | N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> +B    | 26,9                                 | 1,31                            | 356                  |
|                    | N <sub>0</sub> P <sub>35</sub> K <sub>35</sub> +B  | 28,8                                 | 1,41                            | 413                  |
|                    | N <sub>20</sub> P <sub>70</sub> K <sub>70</sub> +B | 30,9                                 | 1,59                            | 468                  |

Фотосинтез є основою продукування органічної біомаси. У спеціалізованих структурах, хлоропластах, рослини використовують енергію сонячного світла для перетворення вуглекислого газу та води в глюкозу та кисень. Динаміку накопичення рослинами органічної біомаси показує чиста продуктивність фотосинтезу. Її значення виражають кількість створеної у процесі фотосинтезу сухої речовини одиницею листової поверхні за певний проміжок часу і можуть істотно варіювати залежно від впливу факторів навколишнього середовища. Результати дослідження вказують на позитивний ефект біологічного інокулянту, мінеральних добрив і мікродобрива на інтенсивність створення рослинами органічної надземної біомаси. Серед факторів, що вивчалися найбільш істотним виявився вплив мінеральних добрив, де перевищення значень показника чистої продуктивності фотосинтезу щодо контролю було на рівні 29,2–50,6 %. У варіанті проведення інокуляції насіння інтенсивність

продукування рослинами органічної сухої біомаси порівняно із контролем зростала на 0,05 г/м<sup>2</sup> за добу, а її поєднання із позакореневим підживленням рослин виявилось більш ефективним у цьому відношенні. За комплексного застосування елементів технології, що вивчалися, величина чистої продуктивності фотосинтезу підвищувалася порівняно із контролем на 1,54–2,19 г/м<sup>2</sup> за добу.

Накопичення біомаси рослинами у свою чергу визначило темпи росту і розвитку та загальну продуктивність рослин і було тісно пов'язаним із ефективністю перетворення вхідних ресурсів (світла, води, поживних речовин) на органічні сполуки. Отримані результати свідчать про позитивний вплив факторів, що вивчалися та їх комплексної взаємодії на величину структурних елементів продуктивності рослин нуту (табл. 2).

Так, проведення позакореневого підживлення рослин В сприяло збільшенню кількості бобів, насінин у них, маси 1000 насінин порівняно з контрольним

Таблиця 3

Урожайність насіння нуту залежно від застосування мінеральних добрив, мікродобрива і біологічного інокулянту, (2024–2025 рр.)

| Інокуляція насіння | Удобрення              | Урожайність насіння, т/га |      | Середнє за роками, т/га |
|--------------------|------------------------|---------------------------|------|-------------------------|
|                    |                        | 2024                      | 2025 |                         |
| -                  | $N_0P_0K_0$            | 1,55                      | 1,61 | 1,58                    |
|                    | $N_0P_{35}K_{35}$      | 1,69                      | 1,83 | 1,76                    |
|                    | $N_{20}P_{70}K_{70}$   | 1,93                      | 2,15 | 2,04                    |
|                    | $N_0P_0K_0+B$          | 1,59                      | 1,65 | 1,62                    |
|                    | $N_0P_{35}K_{35}+B$    | 1,86                      | 1,88 | 1,87                    |
|                    | $N_{20}P_{70}K_{70}+B$ | 2,05                      | 2,23 | 2,14                    |
| BiNitro Нут        | $N_0P_0K_0$            | 1,61                      | 1,67 | 1,64                    |
|                    | $N_0P_{35}K_{35}$      | 1,92                      | 1,9  | 1,91                    |
|                    | $N_{20}P_{70}K_{70}$   | 2,09                      | 2,29 | 2,19                    |
|                    | $N_0P_0K_0+B$          | 1,73                      | 1,63 | 1,68                    |
|                    | $N_0P_{35}K_{35}+B$    | 1,98                      | 1,94 | 1,96                    |
|                    | $N_{20}P_{70}K_{70}+B$ | 2,13                      | 2,71 | 2,42                    |

$HIP_{0,95}$ , т/га А – 0,06; В – 0,08; АВ – 0,12

варіантом на 1,18, 4,87 і 3,84 % відповідно. За проведення допосівної інокуляції насіння величини показників, що досліджувалися збільшувалися по відношенню до контролю на 3,54, 5,69 і 9,62 % відповідно. У варіантах із поєднанням інокуляції насіння і проведення позакореневого підживлення рослин збільшення величин кількості бобів, насінин у них, маси 1000 насінин становило 5,90, 6,50 і 14,1 % відповідно. Найбільш ефективним виявилось комплексне застосування елементів технології, що вивчалися. При цьому слід відмітити, що на фоні внесення  $N_{20}P_{70}K_{70}$  поєднання інокуляції насіння і позакореневого підживлення рослин було більш ефективним.

Величини елементів індивідуальної продуктивності рослин обумовили збільшення урожайності насіння. Найвищі значення даного показника в середньому з 2 роки (2,24 т/га) були зафіксовані у варіанті BiNitro Нут +  $N_{20}P_{70}K_{70}$  + В (табл. 3).

Прибавка урожайності насіння нуту у варіантах мінерального удобрення становила 0,18–0,46 т/га. Інокуляція насіння і проведення позакореневого підживлення рослин сприяли збільшенню продуктивності посівів до 1,64 і 1,62 т/га відповідно, а у варіанті їх поєднання величина даного показника становила 1,68 т/га.

**Висновки.** На основі представлених результатів можна зробити висновок, що комплексне застосування біологічного інокулянту і мікродобрива на фоні внесення мінеральних добрив є дієвим способом підвищення рівня продуктивності посівів нуту. На це вказує збільшення урожайності до 2,42 т/га у варіанті BiNitro Нут +  $N_{20}P_{70}K_{70}$  + В. Із проведених агротехнічних прийомів найбільше ефективним виявилось внесення мінеральних добрив, де прибавка урожайності була на рівні 0,38–0,84 т/га. Застосування біологічного інокулянту надало можливість збільшити продуктивність посівів нуту до 1,64 т/га, а у варіантах її поєднання із позакореневим підживленням посівів В величина даного показника становила 1,68 т/га.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Karalija E., Vergata C., Basso M.F., Negussu M., Zaccari M., Grossi-de-Sa M.F., Martinelli F. Chickpeas' tolerance of drought and heat: current knowledge and next steps. *Agronomy*. 2022. 12. 2248. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102248>
- Mir A.H., Bhat M.A., Dar S.A., Sofi P.A., Bhat N.A., Mir R.R. Assessment of cold tolerance in chickpea (*Cicer spp.*) grown under cold/freezing weather conditions of North-Western Himalayas of Jammu and Kashmir, India. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2021. 27(5):1105–1118. <https://doi.org/10.1007/s12298-021-00997-1>.
- Moncini L., Guerriero G., Simone G., Vita C., Berni R. Quality and nutraceutical features of *Cicer arietinum* L. Stored under nitrogen atmosphere. *Seeds*. 2024. 3. 16–25. <https://doi.org/10.3390/seeds3010002>
- Wang J., Li Y., Li A., Liu R.H., Gao X., Li D., Kou X., Xue Z. Nutritional constituent and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): A review. *Food research international*. 2021. 150. 110790. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110790>
- Pazzanese A., Tagliamonte S., Aponte M., Blaiotta G., Chiacchio M.F., Khanal P., Vitaglione P. Chemical and functional properties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) – based fermented beverages produced using different lactic acid bacteria. *Foods*. 2026. 15. 523 <https://doi.org/10.3390/foods15030523>
- Pascual-Bustamante S., Raya-Pérez J.C., Aguirre-Mancilla C.L., Ramírez Pimentel J.G., Vargas-Martínez M.G., Trejo-Márquez M.A. Chemical and protein characterization of two varieties of chickpea (*Cicer arietinum*): Costa 2004 and El Patrón. *Plants*. 2024. 13. 2125. <https://doi.org/10.3390/plants13152125>
- Djouider S.I., Gentzittel L., Jana R., Rickauer M., Ben C., Lazali M. Contribution to Improving the Chickpea (*Cicer arietinum* L.) efficiency in low-phosphorus farming systems: assessment of the relationships between the P and N nutrition, nodulation capacity and productivity performance in P-deficient field conditions.

- Agronomy*. 2022. 12. 3150. <https://doi.org/10.3390/agronomy12123150>
8. O'Callaghan M. Microbial inoculation of seed for improved crop performance: issues and opportunities. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2016. 100. 5729–5746. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7590-9>
  9. Lepetit M., Brouquisse R. Control of the rhizobium–legume symbiosis by the plant nitrogen demand is tightly integrated at the whole plant level and requires interorgan systemic signaling. *Frontiers in Plant Sciences*. 2023. 14:1114840. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1114840>
  10. Khaitov B., Abdiev A. Performance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to bio-fertilizer and nitrogen application in arid condition. *Journal of Plant Nutrition*. 2018. 41(15). 1980–1987. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1484134>
  11. Lambers H. Phosphorus acquisition and utilization in plants. *Annual Review of Plant Biology*. 2022. 73. 17–42. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-102720-125738>
  12. George T.S., Hinsinger P., Turner B.L. Phosphorus in soils and plants – facing phosphorus scarcity. *Plant and Soil*. 2016. 401. 1–6. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-2846-9>
  13. Hawkesford M.J., Cakmak I., Coskun D., De Kok L.J., Lambers H., Schjoerring J.K., White P.J. Functions of macronutrients. Marschner's Mineral Nutrition of Plants; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2023. 201–281. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819773-8.00019-8>
  14. Shen J., Yuan L., Zhang J., Li H., Bai Z., Chen X., Zhang W., Zhang F. Phosphorus dynamics: from soil to plant. *Plant Physiology*. 2011. 156. 997–1005. <https://doi.org/10.1104/pp.111.175232>
  15. Wang M., Zheng Q.S., Shen Q.R., Guo S.W. The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Sciences*. 2013. 14. 7370–7390. <https://doi.org/10.3390/ijms14047370>
  16. Domínguez-Ferreras A., Muñoz S., Olivares J., Soto M.J., Sanjuan J. Role of potassium uptake systems in *Sinorhizobium meliloti* osmoadaptation and symbiotic performance. *Journal of Bacteriology*. 2009. 191. 2133–2143. <https://doi.org/10.1128/jb.01567-08>
  17. Gaj R., Górski D., Majchrzak L. The effect of potassium and micronutrient foliar fertilisation on the content and accumulation of microelements, yield and quality parameters of potato tubers. *Agriculture*. 2020. 10. 530. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110530>
  18. Saquee F.S., Diakite S., Kavhiza N.J., Pakina E., Zargar M. The Efficacy of micronutrient fertilizers on the yield formulation and quality of wheat grains. *Agronomy*. 2023. 13. 566. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020566>
  19. Мойсейченко В. Ф., Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: Вищ. шк., 1994. 334.
  20. Song K., Hong S., Shim S. Responses of photosynthetic activity in flag leaves and spikes as well as seed development of wheat (*Triticum aestivum* L.) to artificial shading. *Agronomy*. 2025. 15. 2577. <https://doi.org/10.3390/agronomy15112577>
  - steps. *Agronomy*. 12. 2248. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102248>
  2. Mir A.H., Bhat M.A., Dar S.A., Sofi P.A., Bhat N.A., Mir R.R. (2021). Assessment of cold tolerance in chickpea (*Cicer* spp.) grown under cold/freezing weather conditions of North-Western Himalayas of Jammu and Kashmir, India. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 27(5). 1105–1118. <https://doi.org/10.1007/s12298-021-00997-1>
  3. Moncini L., Guerriero G., Simone G., Vita C., Berni R. (2024). Quality and nutraceutical features of *Cicer arietinum* L. Stored under nitrogen atmosphere. *Seeds*. 3. 16–25. <https://doi.org/10.3390/seeds3010002>
  4. Wang J., Li Y., Li A., Liu R.H., Gao X., Li D., Kou X., Xue Z. (2021). Nutritional constituent and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): A review. *Food research international*. 150. 110790. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110790>
  5. Pazzanese A., Tagliamonte S., Aponte M., Blaiotta G., Chiacchio M.F., Khanal P., Vitaglione P. (2026). Chemical and functional properties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) – based fermented beverages produced using different lactic acid bacteria. *Foods*. 15. 523 <https://doi.org/10.3390/foods15030523>
  6. Pascual-Bustamante S., Raya-Pérez J.C., Aguirre-Mancilla C.L., Ramírez Pimentel J.G., Vargas-Martínez M.G., Trejo-Márquez M.A. (2024). Chemical and protein characterization of two varieties of chickpea (*Cicer arietinum*): Costa 2004 and El Patrón. *Plants*. 13. 2125. <https://doi.org/10.3390/plants13152125>
  7. Djouider S.I., Gentzbittel L., Jana R., Rickauer M., Ben C., Lazali M. (2022). Contribution to Improving the Chickpea (*Cicer arietinum* L.) efficiency in low-phosphorus farming systems: assessment of the relationships between the P and N nutrition, nodulation capacity and productivity performance in P-deficient field conditions. *Agronomy*. 12. 3150. <https://doi.org/10.3390/agronomy12123150>
  8. O'Callaghan M. Microbial inoculation of seed for improved crop performance: issues and opportunities. (2016). *Applied Microbiology and Biotechnology*. 100. 5729–5746. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7590-9>
  9. Lepetit M., Brouquisse R. (2023). Control of the rhizobium–legume symbiosis by the plant nitrogen demand is tightly integrated at the whole plant level and requires interorgan systemic signaling. *Frontiers in Plant Sciences*. 14:1114840. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1114840>
  10. Khaitov B., Abdiev A. (2018). Performance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to bio-fertilizer and nitrogen application in arid condition. *Journal of Plant Nutrition*. 41(15). 1980–1987. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1484134>
  11. Lambers H. (2022). Phosphorus acquisition and utilization in plants. *Annual Review of Plant Biology*. 73. 17–42. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-102720-125738>
  12. George T.S., Hinsinger P., Turner B.L. (2016). Phosphorus in soils and plants – facing phosphorus scarcity. *Plant and Soil*. 401. 1–6. <https://doi.org/10.1007/s11104-016-2846-9>
  13. Hawkesford M.J., Cakmak I., Coskun D., De Kok L.J., Lambers H., Schjoerring J.K., White P.J. (2023). Functions of macronutrients. Marschner's Mineral

## REFERENCES:

1. Karalija E., Vergata C., Basso M.F., Negussu M., Zaccari M., Grossi-de-Sa M.F., Martinelli F. (2022). Chickpeas' tolerance of drought and heat: current knowledge and next

- Nutrition of Plants; Academic Press: Cambridge, MA, USA. 201–281. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819773-8.00019-8>
14. Shen J., Yuan L., Zhang J., Li H., Bai Z., Chen X., Zhang W., Zhang F. (2011). Phosphorus dynamics: from soil to plant. *Plant Physiology*. 156. 997–1005. <https://doi.org/10.1104/pp.111.175232>
  15. Wang M., Zheng Q.S., Shen Q.R., Guo S.W. (2013). The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Sciences*. 14. 7370–7390. <https://doi.org/10.3390/ijms14047370>
  16. Domínguez-Ferreras A., Muñoz S., Olivares J., Soto M.J., Sanjuan J. (2009). Role of potassium uptake systems in *Sinorhizobium meliloti* osmoadaptation and symbiotic performance. *Journal of Bacteriology*. 191. 2133–2143. <https://doi.org/10.1128/jb.01567-08>
  17. Gaj R., Górski D., Majchrzak L. (2020). The effect of potassium and micronutrient foliar fertilisation on the content and accumulation of microelements, yield and quality parameters of potato tubers. *Agriculture*. 10. 530. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110530>
  18. Saquee F.S., Diakite S., Kavhiza N.J., Pakina E., Zargar M. (2023). The Efficacy of micronutrient fertilizers on the yield formulation and quality of wheat grains. *Agronomy*. 13. 566. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020566>
  19. Moiseichenko V. F., Yeshchenko V. O. (1994). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii. [Basics of scientific research in agronomy]*. Kyiv: Vyshch. shk., 1994. 334. [in Ukrainian].
  20. Song K., Hong S., Shim S. (2025). Responses of photosynthetic activity in flag leaves and spikes as well as seed development of wheat (*Triticum aestivum* L.) to artificial shading. *Agronomy*. 15. 2577. <https://doi.org/10.3390/agronomy15112577>

**Єремко Л.С., Святецький В.А. Поживний режим рослин як ключовий фактор формування урожайності нуту**

**Мета** – визначення впливу біологічного інокулянту на основі азотфіксуючих бактерій *Mesorhizobium ciceri*, мінеральних добрив і мікродобрива В та їх поєднання на процеси росту і розвитку рослин та формування врожаю нуту.

**Методи.** Польові дослідження проводилися на чорноземних ґрунтах Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції імені М.І. Вавилова Інституту свинарства і АПВ НААН. У двохфакторному експерименті вивчався вплив біологічного інокулянту BiNitro Нут, що містить азотфіксуючі бульбочкові бактерії *Mesorhizobium ciceri* з титром не менше  $2 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup> та продукти їх метаболізму (фітогормони, амінокислоти, вітаміни) із дозою використання 2,0 л на 1 т насіння (фактор А); різних рівнів мінерального удобрення  $N_0P_0K_0$ ,  $N_0P_{35}K_{35}$ ,  $N_{20}P_{70}K_{70}$ ,  $N_0P_0K_0+B$ ,  $N_0P_{35}K_{35}+B$ ,  $N_{20}P_{70}K_{70}+B$  (фактор В) та їх комбінації на параметри фотосинтетичної діяльності посівів, величину елементів продуктивності рослин та урожайність посівів нуту. **Результати** дослідження показали позитивний ефект біологічного інокулянту, мінеральних добрив і мікродобрива та їх комбінацій на формування листової

поверхні, тривалість і продуктивність її фотосинтетичної роботи, створення рослинами органічної надземної біомаси, величину структурних елементів врожаю та загальну продуктивність посівів нуту. **Висновки.** Комплексне застосування біологічного інокулянту, мікродобрива та мінеральних добрив із дозою внесення  $N_{20}P_{70}K_{70}$  у технології вирощування нуту дозволило створити найбільш сприятливі умови для формування продуктивності посівів нуту та підвищити загальну урожайності насіння до 2,42 т/га. Із проведених агротехнічних прийомів найбільше ефективним виявилось внесення мінеральних добрив, де прибавка урожайності насіння була на рівні 0,38–0,84 т/га. Застосування біологічного інокулянту надало можливість збільшити продуктивність посівів нуту до 1,64 т/га, а у варіантах її поєднання із позакореневим підживленням посівів В величина даного показника становила 1,68 т/га.

**Ключові слова:** нут, мінеральні добрива, мікродобриво, біологічний інокулянт, величина листової поверхні, елементи продуктивності рослин, урожайність.

**Yeremko L.S., Sviatetskiy V.A. Nutritional regime of plants as a key factor in the formation of chickpea yield**

**The aim** is to determine the effect of a biological inoculant based on the nitrogen-fixing bacterium *Mesorhizobium ciceri*, mineral fertilizers, and the microfertilizer B, as well as their combinations, on the growth and development of plants and the yield of chickpeas. **Methods.** Field experiment was carried out on the black soil of the Poltava State Agricultural Research Station named after M.I. Vavilov of Institute of Pig Breeding and Agro-Industrial Production of NAAS. A two-factor experiment was employed to study the effect of the biological inoculant BiNitro Chickpea, containing nitrogen-fixing nodule bacteria *Mesorhizobium ciceri* with a titer of at least  $2 \times 10^9$  CFU/cm<sup>3</sup> and their metabolic products (phytohormones, amino acids, vitamins) at a dosage of 2.0 L per 1 ton of seed (factor A); different levels of mineral fertilization:  $N_0P_0K_0$ ,  $N_0P_{35}K_{35}$ ,  $N_{20}P_{70}K_{70}$ ,  $N_0P_0K_0+B$ ,  $N_0P_{35}K_{35}+B$ ,  $N_{20}P_{70}K_{70}+B$  (factor B) and their combinations on the parameters of photosynthetic activity of crops, the value of plant productivity elements, and the yield of chickpea crops. **The results** of the study showed the positive effect of biological inoculant, mineral fertilizers, and micro-nutrient as well as their combinations, on leaf surface area, the duration and productivity of its photosynthetic activity, plant production of above-ground organic biomass, the size of structural yield components, and the overall productivity of chickpea crops. **Conclusions.** The comprehensive application of the biological inoculant, microfertilizers, and mineral fertilizers at a rate of  $N_{20}P_{70}K_{70}$  created the most favorable conditions for leaf surface development and its photosynthetic activity, individual plant productivity, and total chickpea crop yield, reaching up to 2.42 t/ha. Among the agronomic practices employed, the application of mineral fertilizers proved to be the most effective, resulting in a yield increase of 0.38–0.84 t/ha. The use of a bacterial inoculant made it possible to increase chickpea crop productivity to 1.64 t/ha, and in treatments combining it with foliar fertilization, this indicator amounted to 1.68 t/ha.

**Key words:** chickpeas, mineral fertilizers, microfertilizer, biological inoculant, leaf area, plant productivity elements, yield.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026



## ОПТИМІЗАЦІЯ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ З УРАХУВАННЯМ СЦЕНАРІЮ RCP8.5 В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

**ЖИГАЙЛО Т.С.** – кандидат сільськогосподарських наук, докторант,

старший науковий співробітник

[orcid.org/0000-0002-9580-5922](https://orcid.org/0000-0002-9580-5922)

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України

**ЖИГАЙЛО О.Л.** – кандидат географічних наук, доцент

[orcid.org/0000-0002-3552-327X](https://orcid.org/0000-0002-3552-327X)

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

**Постановка проблеми.** Сучасний розвиток аграрного виробництва в Південному Степу України відбувається в умовах посилення кліматичних змін, які супроводжуються зростанням температури повітря, підвищенням частоти та інтенсивності посух, а також збільшенням кількості екстремальних погодних явищ. За даними досліджень, у степовій зоні України протягом останніх десятиліть спостерігається підвищення середньодобової температури та інтенсифікація посушливих явищ, що негативно впливає на формування врожайності сільськогосподарських культур [1]. Водночас значна частина території регіону вже належить до сухих і дуже сухих зон, площа яких зростає, що обмежує стабільність агровиробництва [2].

Особливо вразливою до цих змін є пшениця озима як стратегічна зернова культура, продуктивність якої суттєво залежить від водного режиму в критичні фази розвитку. За умов кліматичних змін потенціал урожайності сучасних сортів реалізується лише частково (на рівні 45–50%), що свідчить про недостатню адаптивність існуючих агротехнологій до нових кліматичних викликів [3]. Крім того, моделювання впливу кліматичних сценаріїв показує, що за умов високого рівня викидів (сценарій RCP8.5) можливе скорочення тривалості вегетаційного періоду, зниження врожайності пшениці та одночасне зростання потреби в зрошенні [4].

Прогнозні оцінки агрокліматичних ресурсів також свідчать, що саме за сценарієм RCP8.5 у Південному Степу України очікуються найбільш суттєві зміни умов формування врожаю, що зумовлює необхідність перегляду існуючих технологій вирощування культур [5]. У таких умовах зрошення розглядається як один із ключових факторів стабілізації продуктивності, проте його ефективність значною мірою залежить від оптимізації режимів і параметрів водопостачання з урахуванням змін клімату.

Незважаючи на наявність окремих досліджень щодо впливу кліматичних змін на продуктивність сільськогосподарських культур і водоспоживання, питання оптимізації вирощування пшениці озимої із врахуванням кліматичних змін в умовах Південного Степу України залишається недостатньо вивченим. Це зумовлює

необхідність проведення системних досліджень, спрямованих на обґрунтування адаптивних технологічних рішень, які забезпечать стабільність урожайності та ефективне використання водних ресурсів у довгостроковій перспективі.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Проблема впливу кліматичних змін на продуктивність пшениці озимої є предметом активних досліджень в Україні та світі. Встановлено, що у степовій зоні відбувається підвищення температури повітря, зміна режиму опадів і посилення посушливості, особливо за сценарієм RCP8.5, що негативно впливає на вологозабезпечення та врожайність культур [5,6]. У роботах, присвячених аграрному сектору України, підкреслюється, що розширення та модернізація систем зрошення є ключовим чинником забезпечення кліматичної стійкості виробництва зернових культур [7].

За багаторічними даними Інституту зрошуваного землеробства НААН України, використання зрошення сприяє підвищенню врожайності пшениці озимої у 2–6 разів, ніж у неполивних умовах. Відтак, відновлення й розширення площ зрошуваних земель набуває стратегічного значення для забезпечення продовольчої безпеки та сталого аграрного розвитку південних регіонів України [8,9].

За результатами міжнародних досліджень недостатнє розуміння впливу заходів адаптації призводить до перебільшення негативних наслідків зміни клімату для сільськогосподарських систем. Доведено, що зрошення є одним із ключових адаптаційних заходів до кліматичних змін і дозволяє стабілізувати врожайність пшениці навіть у посушливих умовах. Однак ефективність його застосування значною мірою залежить від оптимального поєднання з іншими агротехнологічними прийомами [10,11].

Разом з тим, результати досліджень свідчать про складність і неоднозначність реакції агроєкосистем на кліматичні зміни. В окремих регіонах прогнозується як зростання потенційної врожайності за рахунок підвищення температури, так і посилення дефіциту вологи, що обмежує реалізацію цього потенціалу [12,13].

Незважаючи на значну кількість наукових праць,



питання оптимізації вирощування пшениці озимої в умовах кліматичних змін Південного Степу України залишається недостатньо дослідженим. Більшість наявних робіт розглядає окремі аспекти (кліматичні зміни, водні ресурси або продуктивність культур), тоді як інтегровані підходи, що поєднують моделювання кліматичних сценаріїв із оптимізацією параметрів зрошення та технологій вирощування, потребують подальшого розвитку.

**Мета** досліджень полягала у науковому обґрунтуванні та оптимізації вирощування пшениці озимої за сценарієм кліматичних змін RCP8.5 в умовах Південного Степу України з урахуванням раціонального використання зрошення.

**Матеріали та методика дослідження.** Для дослідження продуктивності пшениці озимої в умовах кліматичних змін без зрошення та на зрошенні використано математичну модель MODSOL-6 [14], адаптовану до культури пшениці озимої.

Модель має ієрархічну структуру та включає сім взаємопов'язаних блоків: початкової інформації, радіаційного і теплового режимів, водного режиму, мінерального живлення рослин, фотосинтезу, дихання, росту та розподілу асимілятів. Параметри моделі оптимізовано з урахуванням біологічних особливостей пшениці озимої, що вирощується в умовах Південного Степу України.

Розрахунки виконано з використанням стандартної декадної метеорологічної інформації, зокрема: тривалості сонячного сяйва, середньої та максимальної температури повітря, дефіциту насичення повітря водяною парою, кількості опадів і випаровування.

У моделюванні враховано показники водного режиму ґрунту, зокрема найменшу вологоємність та запаси продуктивної вологи в шарі 0-100 см. Для варіантів із зрошенням задавалися режими поливу та якості

зрошувальної води. Також визначалися початкові біологічні параметри культури та початкові й граничні умови для розв'язання системи рівнянь моделі.

Чисельні експерименти проведено для двох кліматичних періодів: базового (1986–2005 рр.) та прогнозного (2031–2050 рр.) за сценарієм кліматичних змін RCP8.5 (Representative Concentration Pathways), який характеризується високим рівнем викидів парникових газів [15].

**Результати дослідження.** За результатами моделювання виконано оцінку продуктивності посівів пшениці озимої на період 2031–2050 рр. Встановлено, що в середньому за 20-річний період відновлення весняної вегетації очікується на початку третьої декади березня (22.03), тоді як настання повної стиглості зерна – у першій декаді липня (04.07). Тривалість вегетаційного періоду становитиме в середньому 104 дні. Порівняно з кліматичним періодом 1986–2005 рр. відновлення вегетації зміщується на 9 днів пізніше, тоді як строки досягання практично не змінюються, що зумовлює скорочення тривалості вегетації на 8 днів (табл. 1).

Аналіз міжрічної варіабельності (табл. 2) показав значні коливання строків розвитку. Найраніше відновлення вегетації прогнозується наприкінці лютого, найпізніше – на початку квітня. Формування повної стиглості зерна можливе від третьої декади червня до початку липня. Максимальна тривалість періоду «відновлення вегетації – повна стиглість» може досягати 126 днів.

Оцінка агрокліматичних умов (табл. 3) свідчить про тенденцію до підвищення температурного режиму в майбутньому. За середньої температури повітря, близької до сучасної (14,2 °C проти 14,0 °C), але максимальні температури зростатимуть на 1,2 °C (25,8 °C проти 24,6 °C). Водночас очікується зменшення кількості

Таблиця 1

**Фази розвитку пшениці озимої у весняно-літній період вегетації (середні багаторічні дані)**

| Період    | Дата відновлення вегетації | Дата повної стиглості | Тривалість періоду, дні |
|-----------|----------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 1986-2005 | 13.03                      | 03.07                 | 112                     |
| 2031-2050 | 22.03                      | 04.07                 | 104                     |
| різниця   | +9                         | +1                    | -8                      |

Таблиця 2

**Фази розвитку пшениці озимої у весняно-літній період вегетації в окремі роки (2031–2050 рр.)**

| № року | Дата                  |                  | Тривалість періоду, дні | № року | Дата                  |                  | Тривалість періоду, дні |
|--------|-----------------------|------------------|-------------------------|--------|-----------------------|------------------|-------------------------|
|        | відновлення вегетації | повної стиглості |                         |        | відновлення вегетації | повної стиглості |                         |
| 1      | 22.03                 | 10.07            | 110                     | 11     | 01.03                 | 27.06            | 119                     |
| 2      | 01.03                 | 30.06            | 122                     | 12     | 18.03                 | 22.06            | 96                      |
| 3      | 01.03                 | 03.07            | 125                     | 13     | 01.03                 | 27.06            | 119                     |
| 4      | 07.04                 | 07.07            | 91                      | 14     | 31.03                 | 06.07            | 98                      |
| 5      | 12.03                 | 09.07            | 119                     | 15     | 31.03                 | 06.07            | 98                      |
| 6      | 18.03                 | 01.07            | 105                     | 16     | 22.03                 | 26.07            | 95                      |
| 7      | 28.03                 | 08.07            | 102                     | 17     | 11.03                 | 06.07            | 118                     |
| 8      | 15.03                 | 23.06            | 100                     | 18     | 12.03                 | 28.06            | 109                     |
| 9      | 26.02                 | 30.06            | 126                     | 19     | 28.03                 | 08.07            | 102                     |
| 10     | 30.03                 | 06.07            | 99                      | 20     | 6.03                  | 08.07            | 113                     |

Таблиця 3

## Агрокліматична характеристика весняно-літнього періоду вегетації пшениці озимої

| Кліматичний період | Агрокліматичні показники   |                                   |       |            |                     |             |
|--------------------|----------------------------|-----------------------------------|-------|------------|---------------------|-------------|
|                    | $T_{\max}, ^\circ\text{C}$ | $T_{\text{сер.}}, ^\circ\text{C}$ | R, мм | $E_o$ , мм | $E_{\text{ф}}$ , мм | V, від. од. |
| 1986-2005          | 24,6                       | 14,0                              | 167   | 477        | 244                 | 0,51        |
| 2031-2050          | 25,8                       | 14,2                              | 148   | 473        | 230                 | 0,49        |
| Різниця            | +1,2                       | +0,2                              | -12%  | 1%         | 6%                  | 4%          |

Примітка:  $T_{\max}$  – максимальна температура повітря,  $^\circ\text{C}$ ;  $T_{\text{сер.}}$  – середня температура повітря,  $^\circ\text{C}$ ; R – сума опадів, мм;  $E_o$  – вологопотреба, мм;  $E_{\text{ф}}$  – вологоспоживання, мм; V – вологозабезпеченість, від.од.

Таблиця 4

## Фотосинтетична продуктивність посіву пшениці озимої у весняно-літній період вегетації

| Кліматичний період     | Показники продуктивності посіву                     |                                                   |                       |
|------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------|
|                        | максимальна площа<br>листя, $\text{м}^2/\text{м}^2$ | суха загальна біо-<br>маса, $\text{г}/\text{м}^2$ | урожай зерна,<br>т/га |
| 1986-2005, базовий     | 3,6                                                 | 473                                               | 2,7                   |
| 2031-2050 за сценарієм | 3,2                                                 | 447                                               | 1,9                   |
| Різниця                | -0,4                                                | -26                                               | -0,8                  |

Таблиця 5

## Сценарні показники фотосинтетичної продуктивності посіву пшениці озимої у весняно-літній період вегетації (2031–2050 рр.)

| № року | Максимальна<br>площа листя,<br>$\text{м}^2/\text{м}^2$ | Суша<br>загальна<br>біомаса, $\text{г}/\text{м}^2$ | Урожай<br>зерна, т/га | № року | Максимальна<br>площа листя,<br>$\text{м}^2/\text{м}^2$ | Суша<br>загальна<br>біомаса, $\text{г}/\text{м}^2$ | Урожай<br>зерна, т/га |
|--------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------|--------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------|
| 1      | 6,9                                                    | 944                                                | 4,2                   | 11     | 3,4                                                    | 428                                                | 1,7                   |
| 2      | 2,2                                                    | 277                                                | 1,2                   | 12     | 4,8                                                    | 740                                                | 3,5                   |
| 3      | 4,4                                                    | 700                                                | 3,3                   | 13     | 7,0                                                    | 1077                                               | 5,0                   |
| 4      | 1,8                                                    | 200                                                | 0,9                   | 14     | 2,9                                                    | 369                                                | 1,6                   |
| 5      | 5,2                                                    | 720                                                | 2,9                   | 15     | 7,0                                                    | 1077                                               | 5,0                   |
| 6      | 7,0                                                    | 1077                                               | 5,0                   | 16     | 2,6                                                    | 351                                                | 1,5                   |
| 7      | 4,0                                                    | 564                                                | 2,5                   | 17     | 12,9                                                   | 1760                                               | 6,5                   |
| 8      | 2,0                                                    | 249                                                | 1,0                   | 18     | 4,1                                                    | 650                                                | 3,0                   |
| 9      | 4,1                                                    | 650                                                | 3,0                   | 19     | 10,8                                                   | 1521                                               | 6,2                   |
| 10     | 4,0                                                    | 623                                                | 2,8                   | 20     | 6,9                                                    | 944                                                | 3,6                   |

опадів приблизно на 12 %, що призведе до зниження рівня вологозабезпечення посівів за практично незмінної вологопотреби.

Зазначені зміни кліматичних чинників (підвищення температури, зростання радіаційного режиму та зниження вологозабезпечення) зумовлюватимуть загальне зниження продуктивності посівів пшениці озимої (табл. 4). Лише в окремі роки прогнозуються сприятливі умови для формування високої фотосинтетичної продуктивності (табл. 5), за яких площа листової поверхні та біомаса можуть перевищувати середні багаторічні значення у 4 рази, а врожайність зростати більш ніж на 4 т/га.

Встановлено, що інтенсивність формування листової поверхні у період трубкування-колосіння є визначальним фактором формування біомаси. За умов середньої посухи цей процес відбувається найінтенсивніше, тоді як за сильної та дуже сильної посухи суттєво обмежується. Відповідно, загальна біомаса посівів зменшується зі зростанням інтенсивності посухи.

За період 2031–2050 рр. лише у 6 із 20 років очікуються сприятливі умови для формування високої

врожайності (5,0-6,5 т/га). В інші роки прогнозуються різні ступені посухи (ГТК 0,6-0,1), що знижуватимуть врожайність до 0,9-3,5 т/га.

Аналіз динаміки біомаси показав (рис. 1А), що за умов середньої посухи максимальний її приріст припадає на фазу колосіння (до 172  $\text{г}/\text{м}^2$ ), після чого знижується у зв'язку зі старінням листового апарату. За сильної посухи площа листя та приріст біомаси зменшуються приблизно у 1,5 рази (рис. 1Б), тоді як за дуже сильної посухи – у 2,5-3,5 рази (рис. 1В).

Моделювання режимів зрошення показало їх високу ефективність у компенсації дефіциту вологи. За умов середньої посухи застосування зрошення нормою 2000  $\text{м}^3/\text{га}$  забезпечує підвищення врожайності з 2,5 до 5,1 т/га, що відповідає потенціалу сучасних сортів (табл. 6, рис. 2А).

В умовах сильної посухи зрошення нормою 2000  $\text{м}^3/\text{га}$  забезпечує врожайність на рівні 3,6 т/га (близько 70 % потенційної), однак для досягнення вищих показників необхідне збільшення поливної норми (рис. 2Б).

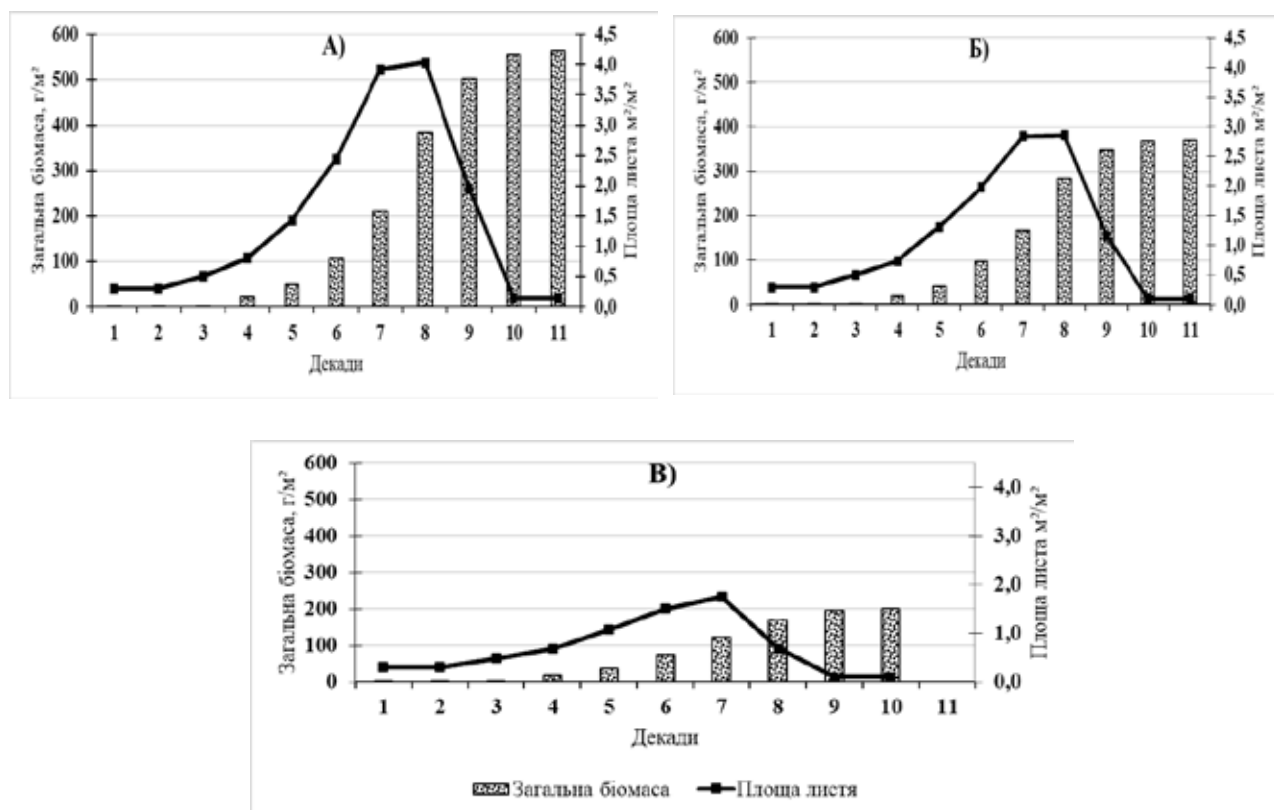


**Рис. 1. Динаміка загальної біомаси та площі листя пшениці озимої в неpolивних умовах**  
 А) середня посуха (ГТК – 0,6); Б) сильна посуха (ГТК – 0,4); дуже сильна посуха (ГТК – 0,1)

Таблиця 6

Продуктивність пшениці озимої за різних рівнів посухи (на неpolивних і зрошуваних землях)

| Умови вирощування             | Варіант | Характеристики продуктивності посівів |                                  |                    |
|-------------------------------|---------|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------|
|                               |         | Максимальна площа<br>листя, м²/м²     | Суха загальна біо-<br>маса, г/м² | Урожай зерна, т/га |
| Середня посуха, ГТК – 0,6     |         |                                       |                                  |                    |
| Без зрошення                  | -       | 4,0                                   | 564                              | 2,5                |
| Зрошення                      | I       | 6,6                                   | 1058                             | 5,1                |
| Сильна посуха, ГТК – 0,4      |         |                                       |                                  |                    |
| Без зрошення                  | -       | 2,9                                   | 369                              | 1,6                |
| Зрошення                      | I       | 5,0                                   | 757                              | 3,6                |
|                               | II      | 6,2                                   | 1026                             | 5,1                |
| Дуже сильна посуха, ГТК – 0,1 |         |                                       |                                  |                    |
| Без зрошення                  | -       | 1,8                                   | 200                              | 0,9                |
| Зрошення                      | I       | 3,8                                   | 590                              | 3,0                |
|                               | II      | 5,2                                   | 800                              | 4,8                |

За умов дуже сильної посухи навіть при зрошенні 2000 м³/га врожайність становить лише близько 3,0 т/га. Підвищення зрошувальної норми до 4000 м³/га (рис. 2В) з оптимізацією кількості та строків поливів дозволяє істотно підвищити продуктивність посівів (збільшення площі листя до 5 м²/м² та біомаси до 800 г/м²).

Отже, оптимізація режимів зрошення є ключовим фактором стабілізації врожайності пшениці озимої в умовах посилення посушливості клімату.

**Висновки.** У період 2031–2050 рр. очікується зміщення строків відновлення вегетації пшениці озимої на пізніші дати та скорочення тривалості вегетаційного періоду в середньому на 8 днів. Кліматичні зміни характеризуватимуться підвищенням максимальних температур і зменшенням кількості опадів, що призводитиме до погіршення вологозабезпечення посівів.

Основним обмежувачим фактором формування продуктивності стане дефіцит вологи, який зумовлюватиме

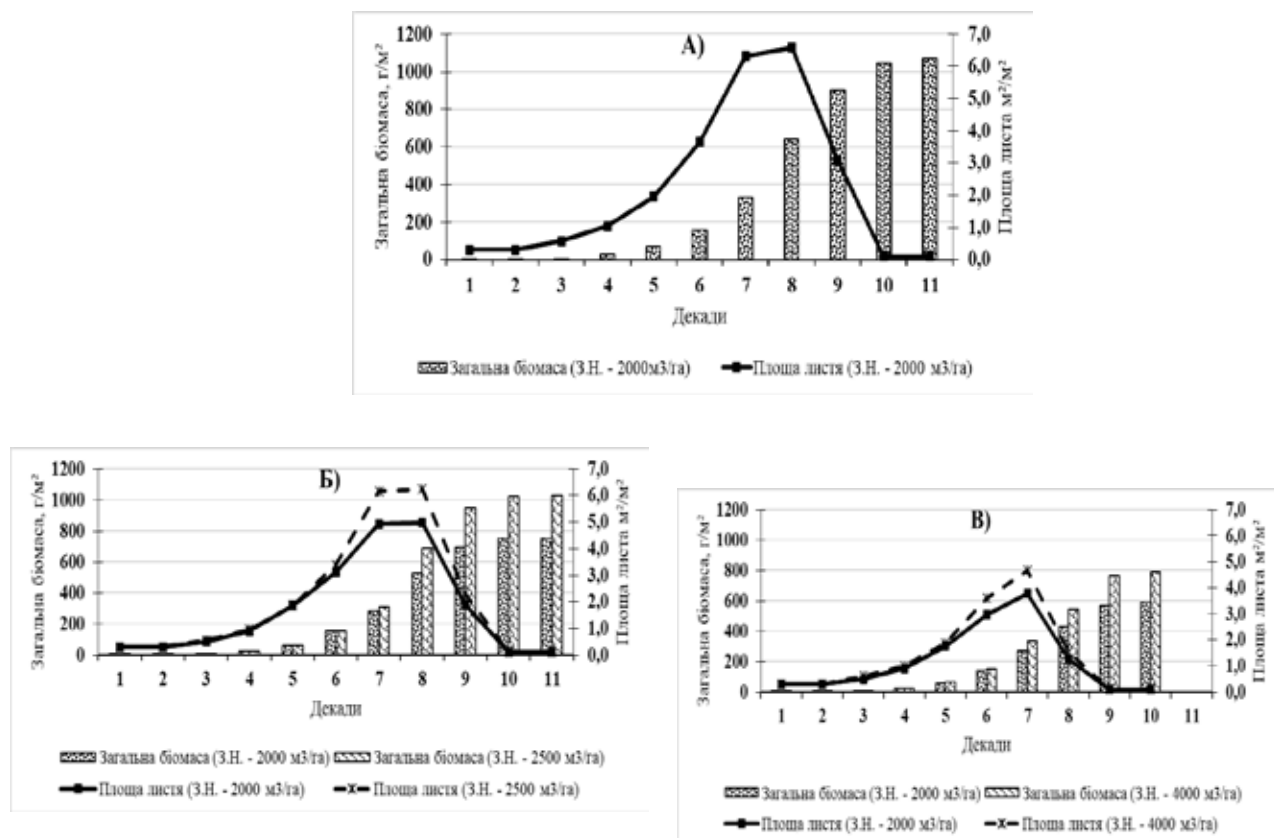


Рис. 2. Динаміка загальної біомаси та площі листя пшениці озимої на зрошенні

А) середня посуха (ГТК – 0,6); Б) сильна посуха (ГТК – 0,4); дуже сильна посуха (ГТК – 0,1)

зниження площі листя, біомаси та врожайності. Лише у 30 % років прогнозуються сприятливі умови для формування високої врожайності, тоді як у більшості років домінуватимуть посушливі умови різної інтенсивності.

Зрошення є ефективним заходом підвищення продуктивності: за умов середньої посухи воно дозволяє досягти потенційної врожайності, а за сильної та дуже сильної посухи потребує підвищення зрошувальних норм. Оптимізація режимів зрошення (з урахуванням інтенсивності посухи) забезпечує стабілізацію врожайності пшениці озимої на рівні близько 5 т/га.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Жовтоног О., Філіпенко І., Деменкова Т., Поліщук В., Бутенко Ю. Планування зрошення з урахуванням зміни клімату та інтенсивності посух у степовій зоні Південної України. *Меліорація земель та управління водними ресурсами*. 2018. Т. 107 № 1. С. 37-46. <https://doi.org/10.31073/mivg201801-114>
2. Тарарико Ю., Сорока Ю., Саїдак Р. Зміна клімату та економічна ефективність сільськогосподарського виробництва у степовій зоні. *Меліорація земель та управління водними ресурсами*. 2020. № 2. С. 56-69. <https://doi.org/10.31073/mivg202002-256>
3. Базалій Г.Г., Усик Л.О. Адаптивна здатність сортів озимої пшениці та селекційного матеріалу в умовах Південного Степу. *Вивчення та захист сортів рослин*. 2018. Т.14. № 2, С. 183-189. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.2.2018.134770>
4. Chauhdary J. N., Li H., Ragab R., Rakibuzzaman M. et al. Climate Change Impacts on Future Wheat (*Triticum aestivum*) Yield, Growth Periods and Irrigation Requirements: A SALTMED Model Simulations Analysis. *Agronomy*. 2024. Vol. 14. Issue 7, P. 1484; <https://doi.org/10.3390/agronomy14071484>
5. Ляшенко Г.В., Данілова Н.В., Колосовська В.В., Толмачова А.В. Тенденція зміни агрокліматичних умов формування урожайності проса до 2050 року в Степовій зоні України. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2022. № 29, С. 20-31. <https://doi.org/10.31481/uhmj.29.2022.02>
6. Польвий А.М., Шаблій О.В. Радіаційно-теплові ресурси степової зони України на період до 2050 р. під впливом змін клімату *Український гідрометеорологічний журнал*. 2016. № 18. С. 82-89. <https://doi.org/10.31481/uhmj.18.2016.0>
7. Romashchenko M. I., Yatsyuk M. V., Shevchenko A. M. Irrigation development and its role in ensuring food security under climate change in Ukraine. *Land Reclamation and Water Management*. 2020. № 1. P. 5-14. <https://doi.org/10.31073/mivg202001-235>
8. Вожегова Р. А. Напрями адаптації галузі рослинництва до регіональних змін клімату. Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти. Збірник тез II Міжнарод. наук.-практ. конф., 10-12 квітня 2019 року. Київ – Миколаїв – Херсон : ДУ НМЦ «Агроосвіта». 2019. С. 6-8.
9. Гамаюнова В.В. Вирощування пшениці озимої на зрошенні на засадах біологізації: науково-практичні рекомендації. Миколаїв: МНАУ, 2019. 40 с.

10. Gao Y., Wang L., Yue Y. Impact of irrigation on vulnerability of winter wheat under extreme climate change scenario: a case study of North China Plain. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2024. Vol. 7:1291866. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1291866>
11. Tanaka A., Takahashi K., Masutomi Y., Hanasaki N. et al. Adaptation pathways of global wheat production: Importance of strategic adaptation to climate change. *Scientific Reports*. 2015. Vol. 5 14312. <https://doi.org/10.1038/srep14312>.
12. Asseng S., Ewert F., Rosenzweig C., Jones J. W. et al. Rising temperatures reduce global wheat production. *Nature Climate Change*. 2015. Vol. 5. P. 143-147. <https://doi.org/10.1038/nclimate2470>
13. Zhao C., Liu B., Piao S., Wang X. et al. Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 2017. Vol. 114, № 35. P. 9326-9331. <https://doi.org/10.1073/pnas.1701762114>
14. Polevoy A.N., Khokhlenko T.N. Modeling agricultural crop yield on irrigated chernozems of the Danube province. *Eurasian Soil Science*. 1996. Vol. 28. Is. 12. P.280-290.
15. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату: монографія / за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса: Вид. «ТЕС», 2018. 548 с.
1. Zhovtonoh, O., Filipenko, I., Demenkova, T., Polishchuk, V., & Butenko, YU. (2018). Planuvannya zroshennia z urakhuvanniam zminy klimatu ta intensyvnosti posukh u stepovii zoni Pivdennoi Ukrainy [Irrigation planning taking into account climate change and drought intensity in the steppe zone of Southern Ukraine]. *Melioratsiia zemel ta upravlinnia vodnymy resursamy*, 107 (1), 37-46. <https://doi.org/10.31073/mivg201801-114> [in Ukrainian].
2. Tararyko, Yu., Soroka, Yu., & Saydak, R. (2020). Zmina klimatu ta ekonomichna efektyvnist silskohospodarskoho vyrobnytstva u stepovii zoni [Climate change and economic efficiency of agricultural production in the steppe zone]. *Melioratsiia zemel ta upravlinnia vodnymy resursamy*, 56-69. <https://doi.org/10.31073/mivg202002-256> [in Ukrainian].
3. Bazaliy, H.H., & Usyk, L.O. (2018). Adaptivna zdattist sortiv ozymoi pshenytsi ta selektsiinoho materialu v umovakh Pivdennoho Stepu [Adaptive ability of winter wheat varieties and breeding material in the conditions of the Southern Steppe]. *Vyvchennia ta zakhyst sortiv roslyn*, 14(2), 183-189 <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.2.2018.134770> [in Ukrainian].
4. Chauhdary, J. N., Li, H., Ragab, R., & Rakibuzzaman, M. (Eds.). (2024). Climate Change Impacts on Future Wheat (Triticum aestivum) Yield, Growth Periods and Irrigation Requirements: A SALTMED Model Simulations Analysis. *Agronomy*. Vol. 14. Is. 7, P. 1484 <https://doi.org/10.3390/agronomy14071484>
5. Liashenko, H.V., Danylova, N.V., Kolosovska, V.V., & Tolmachova, A.V (2022). Tendentsiia zminy ahroklimatychnykh umov formuvannia vrozhaui prosa do 2050 roku u stepovii zoni Ukrainy [Tendency for change of agroclimatic conditions for formation of millet yield by 2050 within the Steppe zone of Ukraine]. *Ukrainskyi hidrometeorologichnyi zhurnal*, (29), 20-31 <https://doi.org/10.31481/uhmj.29.2022.02> [in Ukrainian].
6. Polovyi, A.M., & Shablii, O.V. (2016). Radiatsiino-teplovi resursy stepovoi zony Ukrainy na period do 2050 r. pid vplyvom zmin klimatu [Radiation and temperature resources of the Steppe zone of Ukraine under climate change conditions until 2050]. *Ukrainskyi hidrometeorologichnyi zhurnal*, (18), 82-89. <https://doi.org/10.31481/uhmj.18.2016.0> [in Ukrainian].
7. Romashchenko, M.I., Yatsiuk, M.V., & Shevchenko, A.M. (2020). Irrigation development and its role in ensuring food security under climate change in Ukraine. *Land Reclamation and Water Management*, 1, 5-14. <https://doi.org/10.31073/mivg202001-235>
8. Vozhehova, R.A. (2019). Napriamy adaptatsii haluzi roslynnytstva do rehionalnykh zmin klimatu. Klimatychni zminy ta silske hospodarstvo. Vykylyk dlia ahrarnoi nauky ta osvity [Directions of adaptation of the crop production sector to regional climate changes. Climate change and agriculture. Challenges for agricultural science and education]. *Zbirnyk tez II Mizhnarod. nauk.-prakt. konf., 10-12 kvitnya 2019 roku. Kyiv – Mykolayiv – Kherson : DU NMTS «Ahrosvita»*, 6-8 [in Ukrainian].
9. Hamaiunova, V.V. (2019). *Vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi na zroshenni na zasadakh biolohizatsii* [Growing winter wheat under irrigation based on biologization]. Mykolayiv: MNAU, 40 [in Ukrainian].
10. Gao, Y., Wang, L., & Yue, Y. (2024). Impact of irrigation on vulnerability of winter wheat under extreme climate change scenario: a case study of North China Plain. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. Vol. 7:1291866. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1291866>
11. Tanaka, A., Takahashi, K., Masutomi, Y., & Hanasaki, N. (Eds.). (2015). Adaptation pathways of global wheat production: Importance of strategic adaptation to climate change. *Scientific Reports*. Vol. 5. 14312. <https://doi.org/10.1038/srep14312>.
12. Asseng, S., Ewert, F., Rosenzweig, C., & Jones, J. W. (Eds.). (2015). Rising temperatures reduce global wheat production. *Nature Climate Change*. Vol. 5. P. 143-147. <https://doi.org/10.1038/nclimate2470>
13. Zhao, C., Liu, B., Piao, S., & Wang, X. et al. (2017) Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. Vol. 114, № 35. P. 9326-9331. <https://doi.org/10.1073/pnas.1701762114>
14. Polevoy A.N., & Khokhlenko T.N. (1996). Modeling agricultural crop yield on irrigated chernozems of the Danube province. *Eurasian Soil Science*. Vol. 28. Is. 12. P.280-290.
15. Stepanenko, S.M., & Polovyi, A.M. (Eds.). (2018). *Klimatychni ryzyky funktsionuvannia haluzei ekonomiky Ukrainy v umovakh zminy klimatu* [Climate risks of the functioning of the branches of the economy of Ukraine in the context of climate change]. Odessa: «TES», 548 [in Ukrainian].

**Жигайло Т.С., Жигайло О.Л. Оптимізація вирощування пшениці озимої з урахуванням сценарію RCP8.5 в умовах Південного Степу України**

**Мета.** Наукове обґрунтування та оптимізація вирощування пшениці озимої в умовах кліматичних змін за сценарієм RCP8.5 у Південному Степу України з урахуванням раціонального використання зрошення.

**Методика.** Для оцінювання продуктивності культури застосовано математичну модель MODSOL-6, адаптовану до біологічних особливостей пшениці озимої. Модель описує основні процеси формування врожаю та включає блоки радіаційного і теплового режимів, водного балансу, мінерального живлення, фотосинтезу, дихання, росту і розподілу асимілятів. Розрахунки виконано на основі декадних метеорологічних даних із урахуванням показників водного режиму ґрунту та параметрів зрошення. Чисельні експерименти проведено для базового (1986–2005 рр.) і прогнозного (2031–2050 рр.) періодів. **Результати.** Встановлено зміщення строків відновлення весняної вегетації в середньому на 9 днів пізніше та скорочення тривалості вегетаційного періоду приблизно на 8 днів. Виявлено значну міжрічну варіабельність фаз розвитку культури. Прогнозується підвищення максимальних температур і зменшення кількості опадів близько на 12 %, що призводитиме до погіршення вологозабезпечення посівів. Дефіцит вологи визначено як основний лімітуючий фактор, який обмежує формування листової поверхні, інтенсивність фотосинтезу, накопичення біомаси та врожайності. Показано, що лише близько 30 % років будуть сприятливими для формування високої врожайності, тоді як у більшості років домінуватимуть посушливі умови, що знижуватимуть урожайність до 0,9–3,5 т/га. За умов середньої посухи максимальний приріст біомаси, що припадає на фазу колосіння становитиме лише 172 г/м<sup>2</sup>, за посиленням інтенсивності посухи він суттєво зменшується (в 1,5...3,5 рази). Моделювання довело високу ефективність зрошення: за середньої посухи полив нормою 2000 м<sup>3</sup>/га забезпечує врожайність понад 5 т/га, тоді як за сильних посух необхідне збільшення поливних норм до 4000 м<sup>3</sup>/га. **Висновки.** Кліматичні зміни за сценарієм RCP8.5 спричинятимуть підвищення температур і зниження вологозабезпечення, що негативно впливатиме на продуктивність пшениці озимої. Основним обмежуючим фактором є дефіцит вологи. Оптимізація режимів зрошення з урахуванням інтенсивності посухи є ключовим чинником стабілізації врожайності та забезпечення ефективного вирощування культури в умовах Південного Степу України.

**Ключові слова:** кліматичні зміни, агрокліматичні умови, фотосинтетична продуктивність, моделювання врожайності, посушливі явища, режим поливу.

**Zhygailo T.S., Zhygailo O.L. Optimization of Winter Wheat Cultivation under the RCP8.5 Scenario in the Southern Steppe of Ukraine**

**Objective.** The study aims to provide a scientific basis and optimize winter wheat cultivation under climate change conditions according to the RCP8.5 scenario in the Southern Steppe of Ukraine, taking into account the rational use of irrigation. **Methodology.** The productivity of the crop was assessed using the MODSOL-6 mathematical model adapted to the biological characteristics of winter wheat. The model describes the main processes of yield formation and includes interconnected modules of radiation and thermal regimes, water balance, mineral nutrition, photosynthesis, respiration, growth, and assimilate distribution. Calculations were performed based on decadal meteorological data, considering soil water regime parameters and irrigation characteristics. Numerical experiments were conducted for the baseline (1986–2005) and projected (2031–2050) periods. **Results.** The study revealed a shift in the timing of spring vegetation renewal by an average of 9 days later, along with a reduction in the duration of the growing season by approximately 8 days. Significant interannual variability in crop development phases was identified. Climate projections indicate an increase in maximum air temperatures and a decrease in precipitation by about 12%, leading to reduced water availability for crops. Moisture deficit was identified as the main limiting factor affecting leaf area formation, photosynthetic intensity, biomass accumulation, and yield. It was found that only about 30% of years are expected to be favorable for achieving high yields, while in most years drought conditions of varying intensity will prevail, reducing yields to 0.9–3.5 t/ha. Under moderate drought conditions, the maximum biomass increase occurs during the heading phase and reaches about 172 g/m<sup>2</sup>, while with increasing drought intensity it decreases significantly by 1.5–3.5 times. Irrigation modeling demonstrated high efficiency: under moderate drought, irrigation with a rate of 2000 m<sup>3</sup>/ha ensures yields exceeding 5 t/ha, whereas under severe drought conditions, increasing irrigation rates up to 4000 m<sup>3</sup>/ha is required to maintain productivity.

**Conclusions.** Climate change under the RCP8.5 scenario will lead to rising temperatures and decreased water availability, negatively affecting winter wheat productivity. Moisture deficit is identified as the key limiting factor. Optimization of irrigation regimes, taking into account drought intensity, is a crucial measure for stabilizing yields and ensuring efficient cultivation of winter wheat in the Southern Steppe of Ukraine.

**Key words:** climate change, agroclimatic conditions, photosynthetic capacity, yield modeling, drought stress, irrigation scheduling.

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## ФОРМУВАННЯ ЗАБУР'ЯНЕНOSTІ АГРОЦЕНОЗУ ТА КІЛЬКІСНО-ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОДУКТИВНОСТІ СЕРЕДНЬОСТИГЛИХ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД ПОЗАКОРЕНЕВОГО ПІДЖИВЛЕННЯ МІКРОДОБРИВАМИ

ЖУЙКОВ О.Г. – доктор сільськогосподарських наук

[orcid.org/0000-0002-5762-7934](https://orcid.org/0000-0002-5762-7934)

Херсонський державний аграрно-економічний університет

ДАВИДЕНКО І.А. – аспірант кафедри землеробства

[orcid.org/0009-0007-2090-8736](https://orcid.org/0009-0007-2090-8736)

Херсонський державний аграрно-економічний університет

**Постановка проблеми.** Кукурудза – одна найбільш високопродуктивних злакових культур універсального призначення, активно використовуваних у харчовій, індустріальній, тваринницькій і медичній галузях. Виробництво зерна кукурудзи в загальній структурі агропромисловості України стало одним із сегментів, що найінтенсивніше розвивається. За останнє десятиліття в понад 2 рази збільшилися посівні площі під культурою, значно виросла її врожайність. Такий розвиток насамперед спричинений світовою продовольчою кризою, яка спровокувала попит на цю культуру. І вже сьогодні зерно кукурудзи становить основну частку загальної пропозиції зерна і виходить на перше місце по експорту культури в Україні [2]. Головним резервом збільшення валових зборів кукурудзи було і залишається підвищення її врожайності на основі більш ефективного використання генетичних можливостей нових гібридів, що дозволяє підвищити продуктивність зрошуваного гектара на 20-30% [1, 3]. Правильний вибір гібридів кукурудзи для відповідних ґрунтово-кліматичних умов – перший і дуже важливий крок в отриманні високих урожаїв. Для підвищення рівня реалізації біологічного потенціалу культури важливе значення має впровадження у виробництво сучасних ефективних конкурентоспроможних агротехнологій, які повинні базуватися на добірї адаптованих для зони високопродуктивних гібридів, за оптимізації умов макро- і мікроелементного живлення, штучного зволоження, застосування сучасних біостимуляторів росту [12]. Агротехнологічні прийоми вирощування в умовах сьогодення не повною мірою сприяють реалізації врожайного генетичного потенціалу нових морфобіотипів кукурудзи, що пов'язано з недостатньою відповідністю агротехнології біологічним особливостям новим гібридам [4]. У зв'язку з цим фактом, постає проблема вдосконалення елементів агротехніки з метою приведення їх у відповідність до біологічних особливостей рослин, що дозволить максимально використовувати їх потенціал врожайності. Найбільш дієвими заходами впливу на рівень зернової продуктивності гібридів кукурудзи є застосування зрошення, мінеральних добрив, мікродобрив та регуляторів [10].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Як свідчать результати п'ятирічних досліджень, проведеними

вченими ІЗЗ НААН в зрошуваних умовах Південного Степу України на темно-каштановому середньосуглинковому ґрунті, фактична врожайність зерна кукурудзи усіх груп стиглості, що досліджувались (ФАО 190-290, ФАО 300-390, ФАО 400-600) коливалась від 5,1 до 13,0 т/га. Середня врожайність статично доказово зростала від ранньої (8,4 т/га) до пізньої групи (9,3 т/га). Проте максимальна врожайність (13,0 т/га) спостерігалась у середньостиглій групі (ФАО 300-390), що свідчить про найвищу генотипову різноманітність і перспективність [5, 7]. Гібриди кукурудзи ФАО 400-600 мають найбільш високий потенціал продуктивності при зрошенні. Проте, суттєвим недоліком гібридів є висока збиральна вологість зерна що погіршує економічні показники виробництва, ускладнює переробку та зберігання зерна [6]. Гібриди з ФАО понад 500 мають досить високий потенціал врожайності, проте, сильна негативна реакція цих генотипів на флуктуації середовища призводить до падіння врожайності нижче рівня більш ранніх гібридів і ставить їх поза межі групи гібридів, придатних для ефективного використання в умовах зрошення Південного Степу на даному етапі ведення сільського господарства [8]. Результати дослідів проведеного вченими Інституту землеробства НААН на чорноземних ґрунтах [4] свідчать про високу ефективність застосування комплексного рідкого мікродобрива Вуксал на кукурудзі. Найвищий врожай 8,8 т/га показав варіант з комбінованою обробкою Вуксал Борон 2,5 л/га (4-6 листків) та Вуксал Макромікс 4 л/га (8-10 листків) [9]. Досліди вчених Інституту сільського господарства степової зони НААН проведені в умовах північної підзони Степу України на чорноземі звичайному малогумусному середньосуглинковому на лесі показали, що включення мікродобрив «Реаком» до складу для обробки насіння сприяло зменшенню ураженості насіння та паростків кукурудзи на 56-71%, збільшило проростання насіння з 93 до 97%. Обробка рослин кукурудзи у фазі 3-4 листків і в фазі викидання волоті збільшила збір врожаю на 0,8-1 т/га [13]. Результати багаторічних досліджень вчених Інституту рослинництва ім. Юр'єва НААН проведеного на чорноземі типовому потужному середньогумусному ґрунті в незрошуваних умовах Північного Степу України свідчать про високу ефективність застосування





мікродобрива Наномікс-кукурудза. Найвищу урожайність – 5,8 т/га показав варіант комплексного застосування препарату, де висівали гібрид Харківська МСТ з обробкою насіння Наномікс-кукурудза (3 л/т), проводили двократне позакореневе підживлення (2+2 л/га) у фазі сходів та 6-8 листків на фоні мінерального азотного живлення карбамідом у дозі 10 кг/га. Врожай на контролі (без обробок, без добрив) склав 4,6 т/га. Прибавка врожаю склала 1,1 т/га, або 24,9% [10]. Застосування нових видів регуляторів росту та органомінеральних добрив було найбільш ефективним за впливом на продуктивність кукурудзи на фоні N 120P 90K 90. Досліджувався гібрид Десна СВ в умовах Лісостепу [13]. На базі Вінницької державної дослідної сільськогосподарської станції проводяться науково-виробничі демонстраційні досліді щодо вивчення впливу мікродобрив на урожайність та розкриття потенціалу насіння кукурудзи. Отримані результати дають змогу констатувати значну прибавку врожайності (11-20 ц/га) за застосування листового підживлення добривом Басфоліар 6-12-6 та Солюбор ДФ. Перше позакореневе підживлення проводять дозою 3-5 л/га у фазі трьох п'яти листків. У цій фазі первинна коренева система слаборозвинена і не здатна повністю забезпечити фізіологічні потреби кукурудзи. Саме в цій фазі утворюються перші вузлові корені, які є основою кореневої системи [14].

**Мета.** До завдань наукового дослідження входило: встановити тип і ступінь забур'яненості агроценозу сучасних гібридів кукурудзи в залежності від позакореневих підживлень рослин мікродобривами, проаналізувати архітектуру врожаю культури (елементи лабораторного снопу) і її формування під впливом факторів досліді, дослідити формування кількісних показників врожаю та провести всебічний аналіз якісних показників зерна кукурудзи.

**Матеріали та методика досліджень.** Реалізація поставленого завдання відбувалася шляхом закладання і проведення двофакторного польового досліді, в якому фактор А (гібрид) був представлений гібридами кукурудзи ФАО 300-310 (середньостиглі) селекції

компанії Syngenta: СИ Гранарис, СИ Озон та СИ Торино, а фактор В (позакореневе підживлення мікродобривами) – варіантами обробка чистою водою – контроль; підживлення мікродобривом «Хелатин Кукурудза» у фазі 7 листків; підживлення регулятором росту «Квантіс» у фазі 7 листків; підживлення баковою сумішшю препаратів «Хелатин Кукурудза» та «Квантіс» у фазі 7 листків. Повторність у досліді чотирикротна, загальна площа дослідної ділянки становить 1,45 га, з них захисні смуги – 0,1 га; кількість варіантів досліді – 12, кількість дослідних ділянок в досліді – 48, загальна площа ділянки першого порядку – 280 м<sup>2</sup> (довжина – 50 м, ширина – 5,6 м), облікова – 250 м<sup>2</sup> (довжина – 44,6 м, ширина – 5,6 м). Ділянки в досліді розміщувалися методом розщеплених блоків із частковою рандомізацією за фактором В.

**Результати досліджень.** Абсолютна більшість дослідників стверджують, що застосування такого дієвого важелю впливу на процеси росту і розвитку кукурудзи як позакореневе підживлення мікродобривами створює водночас і максимально комфортні умови для дикоростучої флори, представленої в агроценозі культури. З огляду на цю обставину, нами були проаналізовані характер і ступінь забур'яненості в дослідних ділянках (табл. 1).

З огляду на той факт, що в досліді застосовувалася система гербіцидного контролю забур'яненості, що базується на застосуванні виключно препаратів ґрунтової дії (за роки проведення досліджень використовувався препарат Примекстра Голд® 720 SC, к. с., що містить 400 г/л S-метолахлор і 320 г/л атразин в нормі застосування 3,5 л/га), нами був відмічений достатній рівень контролю чисельності і шкодочинності найбільш розповсюджених шкідливих ботанічних видів в агроценозі кукурудзи. Тип забур'яненості в досліді ідентифікувався нами як переважно однорічний, представлений здебільшого ярими пізніми ботанічними видами, серед яких найбільшого розповсюдження отримали наступні: щириця звичайна (*Amaranthus retroflexus*), мишій сизий (*Setaria glauca*), лобода біла (*Chenopodium album*), паслін чорний (*Solanum nigrum*), гірчак березковидний

Таблиця 1

**Забур'яненість агроценозу кукурудзи в фазу 10 листків культури в залежності від гібридного складу і позакореневого підживлення РКМД (середнє за 2024-2025 рр.)**

| Гібрид<br>(фактор А) | Позакореневе підживлення (фактор В) | Кількість бур'янів в посіві |                              |
|----------------------|-------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
|                      |                                     | шт./м <sup>2</sup>          | г/м <sup>2</sup> (сиря маса) |
| СИ Гранарис          | Чиста вода – контроль               | 11                          | 82                           |
|                      | Хелатин Кукурудза                   | 13                          | 96                           |
|                      | Квантіс                             | 11                          | 85                           |
|                      | Хелатин Кукурудза + Квантіс         | 12                          | 87                           |
| СИ Озон              | Чиста вода – контроль               | 11                          | 80                           |
|                      | Хелатин Кукурудза                   | 10                          | 78                           |
|                      | Квантіс                             | 13                          | 88                           |
|                      | Хелатин Кукурудза + Квантіс         | 11                          | 84                           |
| СИ Торино            | Чиста вода – контроль               | 12                          | 80                           |
|                      | Хелатин Кукурудза                   | 13                          | 93                           |
|                      | Квантіс                             | 10                          | 81                           |
|                      | Хелатин Кукурудза + Квантіс         | 12                          | 85                           |

(*Polygonum convolvulus*), амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia*). Зроблений висновок, що за всіма варіантами дослідів загальний рівень забур'яненості і його тип не мали істотної різниці, обумовленої впливом факторіальних чинників, що пояснюється нами впевненим контролем забур'яненості за допомогою високоефективної системи гербіцидного захисту культури, що базується на застосуванні ґрунтового препарату Примекстра Голд®, а незначні відмінності між варіантами в межах математичної похибки можуть бути пов'язані саме з природною варіабельністю абіотичних і біотичних умов окремих дослідних ділянок.

Приймаючи до уваги той факт, що застосування позакореневого підживлення мікродобривами в першу чергу впливає на формування габітусу рослин кукурудзи, нами був проаналізований показник висоти рослин гібридів культури під впливом зазначеного фактору в фазу 10 листків (рис. 1).

Результати наведених вище досліджень свідчать, що застосування в якості мікродобрива препарату Хелатин-Кукурудза зумовило збільшення висоти рослин кукурудзи гібриду СИ Гранарис у порівнянні із контрольним варіантом на 9 см, СИ Озон – на 8 см, СИ Торино – на 6 см. В разі, якщо для обробки застосовувалося мікродобриво Квантіс, відповідні прирости лінійних розмірів склали 6, 8 та 7 см, а максимальний ефект на збільшення показника середньої висоти рослин мав варіант комплексного застосування препаратів Хелатин-Кукурудза та Квантіс: прибавки висоти рослин порівняно із контролем (чиста вода) склали 10-11 см за всіма варіантами гібридів культури.

За результатами наших досліджень, обидва фактори дослідів мали істотний вплив і на деякі інші показники архітекtonіки і габітусу рослин кукурудзи (табл. 2).

Згідно результатів наших досліджень, показник облистяності рослин кукурудзи не мав істотної залежності від фактору А (гібрид культури), проте під впливом фактору проведення позакореневого підживлення мікродобривами істотно збільшувався порівняно із контрольним варіантом: застосування препарату Хелатин

Кукурудза збільшувало його на 0,6-0,7 листків/рослину, Квантіс – 1,2-1,5 шт./рослину, а найбільш ефективним було застосування комбінованої бакової суміші (прибавка складала до 2,1-2,6 листків/рослину). Абсолютно аналогічна тенденція відмічена нами і щодо такого показника, як кількість качанів на одній рослині: за неістотного впливу фактору А, застосування РКМД, навпаки, зумовлювало збільшення кількості жіночих суцвіть на одній рослині від 0,1 шт. до 0,2 шт. (знову ж таки, за варіантом комплексного застосування препаратів у формуляції Хелатин Кукурудза + Квантіс). Також досить показовим був вплив факторів дослідів, що вивчалися, на такий принциповий господарськоцінний показник кукурудзи, як висота прикріплення нижнього качана, що напряму зумовлює технологічність комбайнового збирання культури і рівень виробничих втрат. Зазначений показник істотно залежав як від фактору гібриду культури (СИ Гранарис 97,2 см, СИ Озон 97,2 см і СИ Торино 94,5 см), так і від фактору позакореневого підживлення: на контрольному варіанті він становив, в середньому, 94,0 см, варіанті застосування Хелатин Кукурудза 95,7 см, Квантіс – 97,7 см, а за їх поєднання в баковій суміші – також 97,7 см.

Не менш істотного впливу факторів, що вивчалися, зазнали і тенденції формування основних показників структури врожаю культури в досліді. Так, довжина качана мала істотну залежність від фактору А лише у варіанті гібриду СИ Торино, переважаючи аналогічний показник за гібридами СИ Гранарис та СИ Озон на 2,8-3,0 см, хоча максимальної диференціації даний показник зазнав саме під впливом фактору В: варіанти застосування препаратів Хелатин Кукурудза та Квадріс збільшували його абсолютне значення на 1,4-1,7 см порівняно із контрольним варіантом, а їх застосування в єдиному комплексі було максимально ефективним, забезпечивши прибавку на рівні 2,1-2,5 см порівняно із варіантом із застосуванням чистої води. Тотожної залежності характеризувався і такий показник архітекtonіки лабораторного снопу, як кількість зернівки в одному качані: не маючи математично достовірної

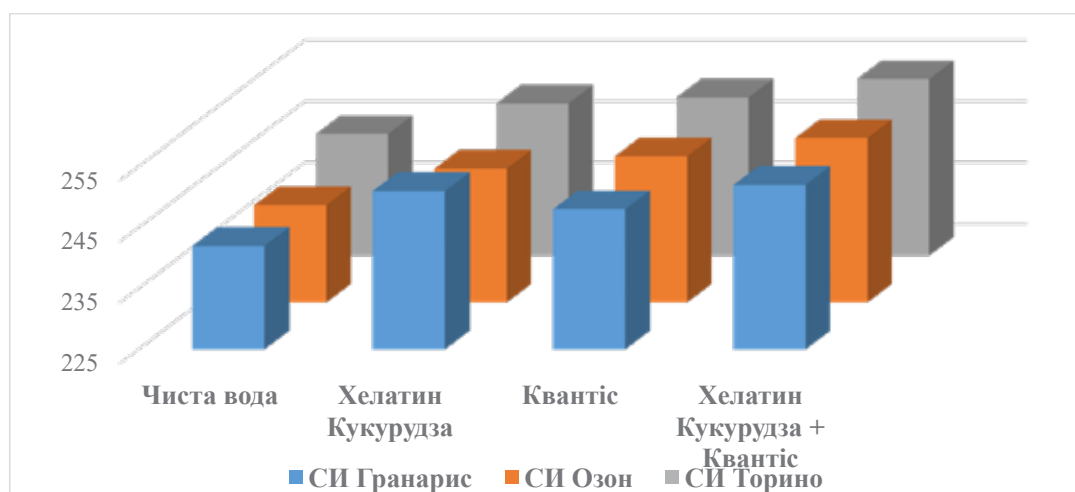


Рис. 1. Висота рослин гібридів кукурудзи в залежності від позакореневого підживлення мікродобривами (середнє за 2024-2025 рр.), см

Таблиця 2

Архітектоніка лабораторного снопу кукурудзи в фазу цвітіння волоті в залежності від гібридного складу і позакореневого підживлення РКМД (середнє за 2024-2025 рр.)

| Гібрид (фактор А) | Позакореневе підживлення (фактор В) | Сира маса пробного снопу, кг/м <sup>2</sup> | Кількість листків на рослині, шт. | Кількість качанів на рослині, шт. | Висота прикріплення нижнього качана, см |
|-------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|
| СИ Гранарис       | Чиста вода – контроль               | 11,3                                        | 13                                | 1,0                               | 95                                      |
|                   | Хелатин Кукурудза                   | 12,1                                        | 15                                | 1,1                               | 97                                      |
|                   | Квантіс                             | 12,8                                        | 14                                | 1,1                               | 99                                      |
|                   | Хелатин Кукурудза + Квантіс         | 13,8                                        | 15                                | 1,2                               | 98                                      |
| СИ Озон           | Чиста вода – контроль               | 11,4                                        | 14                                | 1,1                               | 95                                      |
|                   | Хелатин Кукурудза                   | 12,1                                        | 14                                | 1,1                               | 96                                      |
|                   | Квантіс                             | 12,9                                        | 15                                | 1,1                               | 99                                      |
|                   | Хелатин Кукурудза + Квантіс         | 13,5                                        | 15                                | 1,2                               | 98                                      |
| СИ Торино         | Чиста вода – контроль               | 11,7                                        | 13                                | 1,0                               | 92                                      |
|                   | Хелатин Кукурудза                   | 12,6                                        | 14                                | 1,0                               | 94                                      |
|                   | Квантіс                             | 12,9                                        | 14                                | 1,1                               | 95                                      |
|                   | Хелатин Кукурудза + Квантіс         | 13,9                                        | 15                                | 1,1                               | 97                                      |

Таблиця 3

Основні показники структури врожаю кукурудзи в залежності від гібридного складу і позакореневого підживлення РКМД (середнє за 2024-2025 рр.)

| Гібрид (фактор А) | Позакореневе підживлення (фактор В) | Довжина качана, см | Кількість зернівок в 1 качані, шт. | Маса зерна з 1 качана, г | M <sub>1000</sub> , г | Натура зерна, г/л | Маса зерна з 1 м <sup>2</sup> , кг |
|-------------------|-------------------------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------|------------------------------------|
| СИ Гранарис       | Чиста вода – контроль               | 18,5               | 526                                | 147,2                    | 287,5                 | 720               | 5,8                                |
|                   | Хелатин Кукурудза                   | 19,2               | 535                                | 153,3                    | 292,0                 | 722               | 6,2                                |
|                   | Квантіс                             | 18,9               | 532                                | 149,8                    | 292,5                 | 727               | 6,5                                |
|                   | Хелатин Кукурудза + Квантіс         | 19,8               | 542                                | 162,0                    | 304,5                 | 735               | 6,9                                |
| СИ Озон           | Чиста вода – контроль               | 18,5               | 524                                | 154,6                    | 295,0                 | 725               | 6,3                                |
|                   | Хелатин Кукурудза                   | 18,8               | 525                                | 154,8                    | 300,5                 | 725               | 6,7                                |
|                   | Квантіс                             | 19,0               | 525                                | 161,7                    | 301,0                 | 730               | 6,6                                |
|                   | Хелатин Кукурудза + Квантіс         | 18,7               | 531                                | 163,8                    | 308,0                 | 735               | 6,9                                |
| СИ Торино         | Чиста вода – контроль               | 19,8               | 525                                | 152,8                    | 290,5                 | 720               | 6,5                                |
|                   | Хелатин Кукурудза                   | 19,8               | 529                                | 153,2                    | 293,5                 | 730               | 6,4                                |
|                   | Квантіс                             | 19,9               | 532                                | 155,3                    | 292,0                 | 730               | 7,0                                |
|                   | Хелатин Кукурудза + Квантіс         | 19,9               | 535                                | 163,7                    | 306,0                 | 735               | 7,4                                |

різниці за варіантами фактору А, щодо впливу варіанту підживлення РКМД картина була наступною: обидва мікродобрива забезпечували істотну прибавку показника, а своїх максимальних значень (додатково 10-15 зернівок в 1 качані) зазначений показник набув за варіантом комплексного застосування препаратів (табл. 3).

Відповідно, за аналогічним характером залежності був сформований і наступний показник структури врожаю культури – маса зерна з 1 качана: без істотного впливу на даний показник фактору гібриду кукурудзи, водночас нами була відмічена стала тенденція збільшення його значення за застосування мікродобрив, і особливо – за комплексного застосування препаратів Хелатин Кукурудза+Квантіс (середня прибавка порівняно із контрольним варіантом склала 5,7-10,9 г). Відповідно, аналогічну картину взаємозв'язків «фактор – показник» відмічено нами і за аналізу таких елементів

структури врожаю гібридів кукурудзи, як M<sub>1000</sub>, натура зерна та біологічна продуктивність культури з одиниці посівної площі, хоча в даному випадку за межі математичної похибки дослідів вийшов і фактор А, все ж таки найбільш показовим був вплив на дані оціночні критерії фактору позакореневого підживлення культури РКМД. Як і в попередніх випадках, застосування мікродобрив істотно збільшувало значення показників, а своїх максимальних значень також набувало за варіантом комплексного застосування препаратів.

Наведені вище тенденції та залежності, як наслідок, сформували і підсумковий показник зернової продуктивності гібридів кукурудзи залежно від алгоритму позакореневого підживлення рослин РКМД (табл. 4).

Ґрунтовний аналіз отриманих експериментальних даних дає можливість стверджувати, що середній показник передзбиральної вологості зерна кукурудзи

Таблиця 4

Показники продуктивності зерна гібридів кукурудзи в залежності від позакореневого підживлення РКМД (середнє за 2024-2025 рр.)

| Гібрид (фактор А) | Позакореневе підживлення (фактор В) | Передзбиральна вологість зерна, % | Вихід кондиційного зерна, % | Врожайність кондиційного зерна, т/га |
|-------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| СИ Гранарис       | Чиста вода – контроль               | 22,5                              | 95,2                        | 9,08                                 |
|                   | Хелатин Кукурудза                   | 21,8                              | 96,4                        | 9,39                                 |
|                   | Квантіс                             | 23,0                              | 94,9                        | 8,99                                 |
|                   | Хелатин Кукурудза + Квантіс         | 22,2                              | 96,0                        | 9,75                                 |
| СИ Озон           | Чиста вода – контроль               | 21,5                              | 93,3                        | 9,23                                 |
|                   | Хелатин Кукурудза                   | 22,8                              | 95,2                        | 9,20                                 |
|                   | Квантіс                             | 22,0                              | 96,1                        | 9,60                                 |
|                   | Хелатин Кукурудза + Квантіс         | 22,3                              | 96,9                        | 9,86                                 |
| СИ Торино         | Чиста вода – контроль               | 21,2                              | 93,3                        | 9,04                                 |
|                   | Хелатин Кукурудза                   | 23,2                              | 94,8                        | 9,42                                 |
|                   | Квантіс                             | 22,1                              | 95,2                        | 9,35                                 |
|                   | Хелатин Кукурудза + Квантіс         | 21,2                              | 98,5                        | 10,33                                |

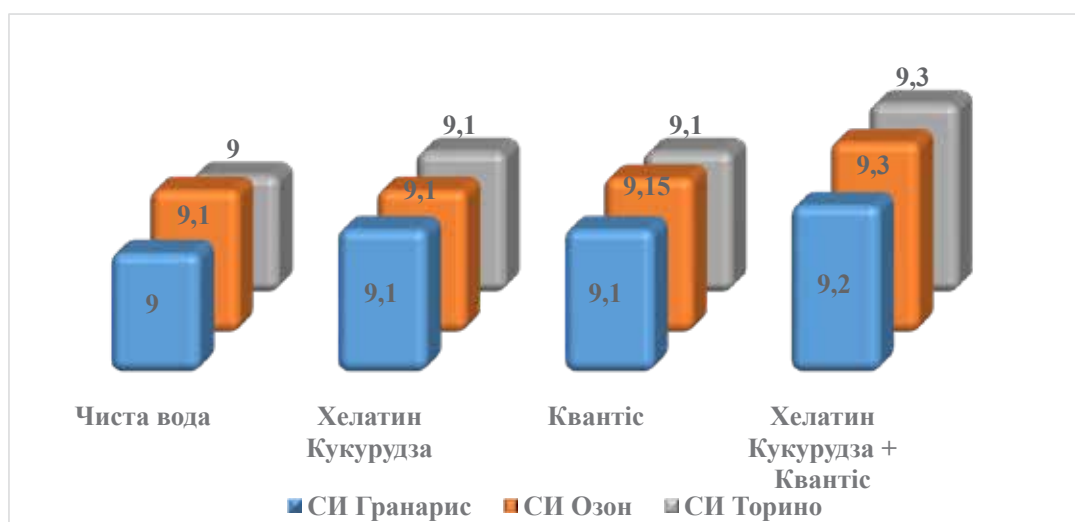


Рис. 2. Вміст білку в зерні гібридів кукурудзи в залежності від позакореневого підживлення мікродобривами (середнє за 2024-2025 рр.), % сухої маси

за варіантом гібриду СИ Гранарис склав 22,4%, СИ Озон – 22,1%, СИ Торино – 21,9%, а за варіантом позакореневого підживлення РКМД – відповідно 21,7%; 22,6%; 22,4% і 21,9%. Вихід кондиційного зерна – відповідно 95,9%; 95,4% та 95,5% (в середньому за фактором А) і 93,9%; 95,5%; 95,4% і 97,1%. В разі ж, якщо за найбільш принциповий оціночний показник брати підсумкове значення продуктивності кондиційного зерна варіантів досліду, то в такому разі лідером в досліді нами визнано варіант комплексного застосування препаратів Хелатин Кукурудза + Квантіс, який в середньому за роки проведення досліджень забезпечив отримання врожайності за варіантом гібриду СИ Гранарис 9,75 т/га, СИ Озон 9,96 т/га і СИ Торино 10,33 т/га. Якщо проаналізувати абсолютну продуктивність гібридів, що вивчалися, в середньому за фактором В, то лідером конкурсного випробування визначений гібрид СИ Торино, котрий забезпечив середню

врожайність на рівні 9,53 т/га. Дещо поступався йому за даним показником гібрид СИ Озон – 9,47 т/га, а мінімальну врожайність продемонстрував гібрид СИ Гранарис – 9,30 т/га.

За результатами дворічних досліджень, максимальний вміст в зерні кукурудзи білку відмічений нами за варіантом комплексного застосування в баковій суміші РКМД Хелатин Кукурудза і Квантіс: в середньому за фактором А вміст зазначеної сполуки в сухій масі зерна культури склав 9,27%. Застосування даних мікродобрив у чистому вигляді також характеризувалося збільшенням вмісту в зерні білку, порівняно із контрольним варіантом (9,03%): за варіантом застосування мікродобрива Хелатин Кукурудза він складав 9,10%, Квантіс – 9,12%. В середньому за фактором В, гібридом, що вирізнявся максимальним показником вмісту білку в досліді визначений гібрид СИ Озон (9,16%), дещо поступалися йому гібрид СИ Гранарис (9,10%) та СИ Торино (9,13%).

**Висновки.**

1. За всіма варіантами дослідів загальний рівень забур'яненості і його тип не мали істотної різниці, обумовленої впливом факторіальних чинників, що пояснюється нами ефективним контролем забур'яненості за високоефективною системою гербіцидного захисту культури, водночас неістотні відмінності між варіантами в межах математичної похибки можуть бути пов'язані саме з природною варіабельністю абіотичних і біотичних умов окремих дослідних ділянок.

2. Застосування в якості мікродобрива препарату Хелатин-Кукурудза зумовило збільшення висоти рослин кукурудзи гібриду СИ Гранарис у порівнянні із контрольним варіантом на 9 см, СИ Озон – на 8 см, СИ Торино – на 6 см. В разі, якщо для обробки застосовувалося мікродобриво Квантіс, відповідні прирости лінійних розмірів склали 6, 8 та 7 см, а максимальний ефект на збільшення показника середньої висоти рослин мав варіант комплексного застосування препаратів (+10-11 см).

3. Варіант комплексного застосування в єдиній баковій суміші мікродобрив Хелатин Кукуруза і Квантіс вирізнявся істотно кращими показниками архітектури рослин культури: сира маса пробного снопу, кількість листків на рослині, кількість качанів на рослині та висота прикріплення нижнього качана, істотно переважаючи показники, відмічені нами на контрольному варіанті, а також на варіанті окремого застосування мікродобрив, що вивчалися. В середньому за фактором В, за сукупністю вищенаведених оціночних критерієм кращим у досліді був варіант гібриду СИ Торино.

4. Абсолютно аналогічна тенденція відмічена нами і за аналізу впливу факторіальних чинників на комплекс показників лабораторного снопу та базисних господарсько-цінних ознак кукурудзи: лідерами є варіант застосування мікродобрив за схемою Хелатин Кукуруза + Квантіс, а гібридом, що продемонстрував найкращі показники довжини качана, кількості зернівок в 1 качані, маси зерна з 1 качана,  $M_{1000}$ , натури зерна та загальної маси зерна з 1 м<sup>2</sup>, також визнано гібрид СИ Торино.

5. Наведені вище тенденції та залежності, як наслідок, сформулювали і підсумковий показник зернової продуктивності гібридів кукурудзи залежно від алгоритму позакореневого підживлення рослин РКМД: лідером в досліді нами визнано варіант комплексного застосування препаратів Хелатин Кукурудза + Квантіс, який в середньому за роки проведення досліджень забезпечив отримання врожайності за варіантом гібриду СИ Гранарис 9,75 т/га, СИ Озон 9,96 т/га і СИ Торино 10,33 т/га за середнього вмісту білку в зерні на рівні 9,27%. Якщо проаналізувати абсолютну продуктивність гібридів, що вивчалися, в середньому за фактором В, то лідером конкурсного випробування визнаний гібрид СИ Торино, котрий забезпечив середню врожайність на рівні 9,53 т/га. Гібридом з максимальним вмістом білку в зерні є гібрид СИ Озон (9,16%).

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Барчукова А., Коваленко О. Кукурудза без стресів. Пропозиція. 2013. № 5(215). – С. 74-75.

2. Білокінь О.А. Ефективність стимуляторів росту і органо-мінеральних добрив при вирощуванні кукурудзи на зелену масу в Лісостепу. Енергозберігаючі технології в землеробстві за ринкових умов господарювання: Матеріали науково-практичної конференції (27-29 листопада 2006 р., Чабани). К.: ЕКМО, 2006. С. 27-28.
3. Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Гож О.А. [та ін.]. Науково-практичні рекомендації з технології вирощування кукурудзи в умовах зрошення Південного Степу України. Херсон. 2015. 104 с.
4. Гож О.А., Марченко Т.Ю., Лавриненко Ю.О. Застосування регуляторів росту рослин та мікродобрив в інтенсивних технологіях вирощування кукурудзи. Тези Міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 50-й річниці від початку розвитку рисівництва в Україні "Перспективи розвитку рослинницької галузі в сучасних економічних умовах". 6-8 серпня 2013 р. Скадовськ, 2013. С. 82-84.
5. Гож О.А. Нові гібриди кукурудзи для зрошуваного землеробства. Актуальні питання вирощування сільськогосподарських культур у південному регіоні України. Тези міжнародної науково-практичної конференції (24 квітня 2014 р.). Херсон. 2014. С. 25-27.
6. Квітка Г. Кукурудза – «за» євроінтеграцію! Пропозиція. 2013. № 12 (222). С. 38-40.
7. Лавриненко Ю.О., Гож О.А. Ефективність стимуляторів росту та мікродобрив на посівах гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах зрошення на півдні України. Зрошуване землеробство. 2015. Вип. 64. С. 14-20.
8. Лебідь Л. Повернення королеви полів. Аграрний тиждень. 2013. № 14-15. С. 22.
9. Мокрієнко В.А. Мінеральне живлення кукурудзи. Агроном. 2009. № 2. С. 102-104.
10. Румбах М.Ю. Оптимізація елементів технології вирощування гібридів кукурудзи в умовах північної підзони Степу України. Бюлетень Інституту зернового господарства. 2009. № 36. С. 128-131.
11. Санін Ю.В. Технологія підживлення кукурудзи макро- та мікроелементами, їхнє значення та застосування в посівах кукурудзи. Пропозиція. 2010. № 5. С. 20-22.
12. Серіков В.О. Селекція нових гібридів кукурудзи та особливості їх насінництва в Степовій зоні України. Таврійський науковий вісник. 2008. Вип. 60. С. 31-37.
13. Труфанов О. Мікроелементи, хелати, мікродобрива. Пропозиція. 2013. № 5 (215). С. 63-65.
14. Pavlo Lykhovyd, Liudmyla Hranovska, Oleksandr Averchev, Oleksandr Zhuikov, Hennadiy Karashchuk, Dmytro Maksymov. Comparing machine learning algorithms for large-scale crop yield prediction using agroecological parameters and pesticide usage. Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences. Vol. 78 No. 1 (2026). 136-144.

**REFERENCES:**

1. Barchukova, A., & Kovalenko, O. (2013). Kukurudza bez stresiv [Maize without stress]. Propozytsiia, 5(215), 74–75 [in Ukrainian].
2. Bilokin, O. A. (2006). Efektyvnist stymuliatoriv rostu i orhano-mineralnykh dobryv pry vyroshchuvanni kukurudzy na zelenu masu v Lisostepu [Efficiency of growth stimulants and organo-mineral fertilizers in cultivating maize for green mass in the Forest-Steppe].

- Enerhozberihaiuchi tekhnolohii v zemlerobstvi za rynkovykh umov hospodariuvannia: Materialy nauko-vo-praktychnoi konferentsii (27–29 lystopada 2006 r., Chabany) (pp. 27–28). Kyiv: EKMO [in Ukrainian].
3. Vozhehova, R. A., Lavrynenko, Yu. O., Hozh, O. A., et al. (2015). Naukovo-praktychni rekomendatsii z tekhnolohii vyroshchuvannia kukurudzy v umovakh zroshennia Pivdennoho Stepu Ukrainy [Scientific and practical recommendations on maize cultivation technology under irrigation in the Southern Steppe of Ukraine] Kherson 104 p. [in Ukrainian].
  4. Hozh, O. A., Marchenko, T. Yu., & Lavrynenko, Yu. O. (2013). Zastosuvannia rehulatoriv rostu roslin ta mikro-dobryv v intensyvnym tekhnolohiiakh vyroshchuvannia kukurudzy [Application of plant growth regulators and microfertilizers in intensive maize cultivation technologies]. Tezy Mizhnarodnoi nauko-vo-praktychnoi konferentsii prysviachenoi 50-y richnytsi vid pochatku rozvytku rysivnytstva v Ukraini "Perspektyvy rozvytku roslinnytsoi haluzi v suchasnykh ekonomichnykh umovakh" Skadovsk pp. 82–84. [in Ukrainian].
  5. Hozh, O. A. (2014). Novi hibrydy kukurudzy dlia zroshuvannia zemlerobstva [New maize hybrids for irrigated agriculture]. In Aktualni pytannia vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur u pivdennomu rehioni Ukrainy: Tezy mizhnarodnoi nauko-vo-praktychnoi konferentsii (24 kvitnia 2014 r.) Kherson pp. 25–27. [in Ukrainian].
  6. Kvitka, H. (2013). Kukurudza – "za" yevrointehratsii! [Maize votes "for" European integration!]. Propozytsiia, 12(222), 38–40 [in Ukrainian].
  7. Lavrynenko, Yu. O., & Hozh, O. A. (2015). Efektyvnist stymuliatoriv rostu ta mikro-dobryv na posivakh hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti v umovakh zroshennia na pivdni Ukrainy [Efficiency of growth stimulants and microfertilizers on maize hybrids of different maturity groups under irrigation in southern Ukraine]. Zroshuvane Zemlerobstvo, 64, 14–20 [in Ukrainian].
  8. Lebid, L. (2013). Povernennia korolevy poliv [The return of the queen of the fields]. Ahrarnyi Tyzhden, 14–15, 22 [in Ukrainian].
  9. Mokriienko, V. A. (2009). Mineralne zhyvlennia kukurudzy [Mineral nutrition of maize]. Ahronom, 2, 102–104 [in Ukrainian].
  10. Rumbakh, M. Yu. (2009). Optymizatsiia elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia hibrydiv kukurudzy v umovakh pivnichnoi pidzony Stepu Ukrainy [Optimization of technological elements of maize hybrid cultivation in the northern sub-zone of the Steppe of Ukraine]. Biuleten Instytutu Zernovoho Hospodarstva, 36, 128–131 [in Ukrainian].
  11. Sanin, Yu. V. (2010). Tekhnolohiia pidzhyvlennia kukurudzy makro- ta mikroelementamy, yikhnie znachennia ta zastosuvannia v posivakh kukurudzy [Technology of maize feeding with macro- and microelements, their significance and application in maize crops]. Propozytsiia, 5, 20–22 [in Ukrainian].
  12. Serikov, V. O. (2008). Seleksiia novykh hibrydiv kukurudzy ta osoblyvosti yikh nasinnytstva v Stepovii zoni Ukrainy [Breeding of new maize hybrids and peculiarities of their seed production in the Steppe zone of Ukraine]. Tavriiskyi Naukovyi Visnyk, 60, 31–37 [in Ukrainian].
  13. Trufanov, O. (2013). Mikroelementy, khelaty, mikro-dobryva [Microelements, chelates, microfertilizers]. Propozytsiia, 5(215), 63–65 [in Ukrainian].
  14. Lykhovyd, P., Hranovska, L., Averchev, O., Zhuikov, O., Karashchuk, G., & Maksymov, D. (2026). Comparing machine learning algorithms for large-scale crop yield prediction using agroecological parameters and pesticide usage. Comptes Rendus de l'Académie Bulgare des Sciences, 78(1), 136–144.
- Жуйков О.Г., Давиденко І.А. Формування забур'яненості агроценозу та кількісно-якісних показників продуктивності середньостиглих гібридів кукурудзи залежно від позакореневого підживлення мікродобривами.**
- В статті наведено результати дворічних досліджень основних тенденцій формування типу і рівня забур'яненості агроценозів гібридів кукурудзи середньостиглої агроекологічної групи (FAO 300-310) селекції компанії Syngenta: СИ Гранаріс, СИ Озон та СИ Торино в залежності від позакореневого вегетаційного підживлення рослин культури рідкими комплексними мікродобривами. Проведений ґрунтовний аналіз спектру шкідливих ботанічних видів в посіві культури, їх кількісний склад та загальної біомаси на одиниці посівної площі з виокремленням найбільш шкодочинних бур'янів, що вимагають спеціальних підходів до реалізації інтегрованої системи контролю забур'яненості як складової сучасної технології вирощування кукурудзи на зерно. Проаналізовані найбільш принципові елементи, що формують показники структури врожаю кукурудзи, в залежності від гібридного складу і алгоритму позакореневого підживлення мікродобривами, а саме: висота рослин, кількість листків на рослині, кількість качанів на рослині, висота прикріплення нижнього качана, врожайність загальної біомаси, маса зерна з однієї рослини і з одного качана, довжина і діаметр качана, продуктивність одного качана та вихід з нього кондиційного насіння. Окреслені основні тенденції та залежності накопичення в рослинній біомасі сучасних середньостиглих гібридів кукурудзи загального азоту під впливом фактору позакореневого підживлення рослин культури рідкими комплексними мікродобривами. Також проведені лабораторні дослідження щодо якісних показників зерна кукурудзи: визначений вміст в кондиційному зерні сухої речовини і загального азоту, а також вміст в ньому білку як основного показника, що зумовлює і продовольчі і кормові якості кукурудзяної сировини. В статті наведені результати експериментального дослідження впливу факторів, що вивчалися, на формування залікових показників генеративної частини: натурна маса зерна, показник  $M_{1000}$ , фактична вологість зерна на момент збирання і його врожайність в обліковому стані.
- Ключові слова:** гібриди кукурудзи середньостиглої агроекологічної групи, позакореневе підживлення, комплексні мікродобрива, вміст азоту і білку, структура врожаю, врожайність і якість зерна.
- Zhuikov O.G., Davydenko I.O. The nature of weed infestation in the agroecosystem and quantitative and qualitative indicators of productivity of mid-season corn hybrids depending on foliar feeding with microfertilizers.**
- The article presents the results of two-year studies of the main trends in the formation of the type and level of weed infestation of agroecosystems of mid-season corn hybrids of the agroecological group (FAO 300-310) bred by Syngenta: SI Granarys, SI Ozon and SI Torino, depending

on the foliar vegetative feeding of crop plants with liquid complex microfertilizers. A thorough analysis of the spectrum of harmful botanical species in the crop, their quantitative composition and total biomass per unit of sown area was carried out, with the identification of the most harmful weeds that require special approaches to the implementation of an integrated weed control system as a component of modern technology for growing corn for grain. The most fundamental elements that form the indicators of the corn yield structure, depending on the hybrid composition and the algorithm of foliar feeding with microfertilizers, were analyzed, namely: plant height, number of leaves on the plant, number of ears on the plant, height of attachment of the lower ear, total biomass yield, weight of grain from one plant and from one ear, length and diameter of the ear, productivity of one ear and the yield of conditioned seeds from it. The main trends and dependencies of the accumulation

of total nitrogen in the plant biomass of modern mid-season corn hybrids under the influence of the factor of foliar feeding of crop plants with liquid complex microfertilizers are outlined. Laboratory studies were also conducted on the quality indicators of corn grain: the content of dry matter and total nitrogen in conditioned grain was determined, as well as the content of protein in it as the main indicator, which determines both the food and feed qualities of corn raw materials. The article presents the results of an experimental study of the influence of the studied factors on the formation of the credit indicators of the generative part: natural grain mass,  $M_{1000}$  indicator, actual grain moisture at the time of harvesting and its yield in the accounting state.

**Key words:** mid-season corn hybrids of the agroecological group, foliar fertilization, complex microfertilizers, nitrogen and protein content, crop structure, grain yield and quality.

Дата першого надходження статті до видання: 24.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА РІЗНИХ КОНСТРУКЦІЙ ІНТЕНСИВНИХ НАСАДЖЕНЬ ІМУННИХ ДО ПАРШІ СОРТІВ ЯБЛУНІ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОЇ ЧАСТИНИ ЗАХІДНОГОЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

**ЖУК В.М.** – кандидат сільськогосподарських наук

[orcid.org/0009-0005-3891-1410](https://orcid.org/0009-0005-3891-1410)

Інститут садівництва Національної академії аграрних наук України

**ЖУК В.В.** – аспірант

[orcid.org/0009-0003-2707-0690](https://orcid.org/0009-0003-2707-0690)

Інститут садівництва Національної академії аграрних наук України

**Постановка проблеми.** У світовому плодівництві за виробництвом плодів яблуня посідає друге місце, поступаючись лише бананам, а в України вона є основною плодовою культурою [1]. За останні десятиліття вирощування плодів цієї культури надзвичайно розвинулося за рахунок створення високоінтенсивних типів насаджень на карликових і напівкарликових підщепах. Такі насадження завдяки створенню компактної крони при щільності розміщення від 2244 до 6000 дер./га забезпечують швидке нарощування врожаю до 25–58, а в окремих випадках – 150–200 т/га [2]. Високоінтенсивні системи спрямовані на ранній початок плодоношення з отриманням більшої частки яблук екстра-класу. Однак існують певні недоліки цієї системи, такі як дорогі інвестиції, вищі витрати на ведення бізнесу протягом року та скорочений життєвий цикл насаджень [3]. Крім того зростаюча залежність від зовнішніх ресурсів, таких як вода, добрива та синтетичні пестициди несе значний негативний вплив на навколишнє середовище та здоров'я людей. Тому у світі з'являється все більше ініціатив, які відкривають шлях до більш стійких органічних та малозатратних систем вирощування яблук, які передбачають координацію між досягненням економічної вигоди та рівнем негативного впливу на навколишнє середовище [4, 5, 6].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Незважаючи на менший вплив на навколишнє середовище, за органічного вирощування продукції збільшуються трудові затрати на 12–20 % і можливе зниження врожайності насаджень. Таке виробництво плодів яблуні може мати кращі економічні показники через використання імунних та стійких до парші сортів та вищі ринкові ціни на продукцію. Ці сорти не потребують надмірної кількості фунгіцидних обробок, а тому в насадженнях дозволять зменшити негативний техногенний вплив на довкілля при експлуатації інтенсивних насаджень [5, 7, 8, 9]. Одним з найбільш результативних досягнень двадцятого століття було створення в різних країнах сортів з найвищим біологічним потенціалом за однією з основних господарсько-цінних ознак. Серед них Аріва, Афродіта, Гермінда, Голдраш, Ліберті, Моді, Оріон, Луна, Пріма, Примула, Ревена, Рено, Рішельє, Топаз, Флоріна, Фрідом та інші. Відповідна селекційна

робота виконувалась і в Україні. До Державного реєстру в 2006 р. були занесені такі сорти Інституту садівництва як Едера, Гарант, Перлина Києва, Амулет, Скіфське золото. Отримані нові сорти крім імунітету до парші майже всі стійкі до борошнистої роси, відрізняються поєднанням гармонійного смаку та аромату, привабливим зовнішнім виглядом. Серед них літні – Малуша, Паланка, Настя; зимові – Тодес, Берегиня, Соломія, Дожниця та Дміана [10].

На сьогодні в світі та Україні для виробництва яблук існують і виклики пов'язані з поточною зміною клімату. В зонах плодівництва дедалі частіше проявляються такі екстремальні погодні явища як нерівномірний розподіл опадів, сильні дощі, що чергуються з тривалими періодами посухи та стійкі високі літні температури. Такі кліматичні зміни підривають стійкість садових систем, що базуються на слаборослих підщепах з обмеженою кореневою системою. З огляду на це в Європі вже починають думати про зміну існуючих моделей сільського господарства, щоб задовольнити зростаючий попит на сталий розвиток у виробництві фруктів. Вважається, що вирішувати зазначену проблему слід за рахунок добору толерантних клонових підщеп з розвинутою кореневою системою [11]. Використання традиційних сильнорослих підщеп в технологіях органічного та малозатратного вирощування плодів яблуні є недоцільним з економічної точки зору. В них перевагу матимуть сорто-підщепні комбінування, які забезпечать добру якість та максимальні показники продуктивності дерев. Зокрема Швейцарськими дослідниками встановлено, що за зазначеними показниками підщепа Supporter 2 є хорошою альтернативою підщепам типу М.9 для органічного виробництва яблук із низькими витратами [12]. У США та Канаді в цьому плані перспективними є ряд підщеп із серії Vineland та Geneva. Це такі як V.1, V.5, V.6, V.7 і G 890. Сумарна врожайність сортів яблуні на цих підщепах була більшою, ніж на карликових та напівкарликових [13].

В умовах Лісостепу України шпалерно-карликові сади яблуні на підщепах 62-396, М.9 та М.26 відзначались скороплідністю, високою врожайністю та капіталоємкістю. Водночас високощільні насадження на





середньорослій підщепі 54-118 за дев'ять років плодоношення забезпечували найвищі показники ефективності вирощування плодів сортів інтенсивного типу [14]. В інших дослідженнях, в період створення насаджень кращих імунних до парші сортів на підщепах М.9, М.26 та ММ.106, перспективнішими з економічної точки зору також були насадження на середньорослій підщепі [15]. Об'єктивну оцінку різним конструкціям саду на вищевказаних підщепах можна зробити за умов тривалого вирощування плодів в них.

**Мета досліджень** – оцінити конструкції інтенсивних насаджень імунних до парші сортів яблуні за продуктивністю, посухостійкістю дерев, товарною і споживчою якістю плодів та визначити економічно ефективніші з них для малозатратних систем вирощування в умовах правобережної частини Західного Лісостепу України.

**Матеріали та методики досліджень.** Дослідження проводили на ділянках Інституту садівництва НААН у насадженнях 2017 р., де оцінювали конструкції саду імунних до парші сортів Скіфське золото і Дміана на підщепах М.9 та М.26 з розміщенням дерев 4 x 1 м і формуванням веретеноподібної та 4 x 0,5 м – колоноподібної крон. У дерев на підщепі ММ.106 при розміщенні 4 x 2 і 4 x 1,5 м формували веретеноподібну, а за схеми 4 x 1 м – колоноподібну крону. Контролем були ділянки сорту Скіфське золото на підщепі М.9 з розміщенням дерев 4 x 1 м. Повторність варіантів триразова. Кількість облікових дерев у повторенні – 10. Ґрунт дослідних ділянок темно-сірий опідзолений, з агрохімічними показниками, характерними для цього типу. За відсутності зрошування міжряддя утримувалися під чорним паром. Для знищення бур'янів у межах стрічки ряду використовували гербіциди. Система захисту плодівих насаджень обмежувалась лише стримуванням поширення і розвитку основних хвороб, таких як борошниста роса та плодова гниль, а також шкідників.

**Фізичні показники.** Площу поперечного перерізу штамба, об'єм крон, площу листової поверхні, питому продуктивність дерев та урожайність насаджень визначили за методичними рекомендаціями Інституту садівництва НААН [16]. Товарну обробку зібраних плодів вели під час збору врожаю згідно ДСТУ 8133.2015 «Яблука свіжі середніх та пізніх термінів достигання. Технічні умови» [17].

**Фізіологічні показники.** Потенційну посухостійкість дерев визначали шляхом дослідження водоутримувальної здатності та водного дефіциту в листках [18].

**Хімічні показники.** За % в сирій масі в плодах яблуні визначили: вміст сухих розчинних речовин портативним цифровим рефрактометром; титровані органічні кислоти – методом титрування 0,1Н розчином лугу (гідроксидом натрію); загальні цукри – спектрофотометричним методом з розчином Фелінга. Цукрово-кислотний індекс (Ц/К) розраховували як відношення загальної кількості цукрів до кількості титрованих кислот. Для визначення вітаміну С використовували метод титрування фарбою Тільманса. Вміст аскорбінової кислоти виражали у мг на 100 г сирової маси [19].

**Економічну ефективність** на різних ділянках саду визначали відповідно до «Методики економічної оцінки

типів насаджень, сортів, інвестицій в основний капітал, інновацій та результатів технологічних досліджень у садівництві» [20]. Розрахунки здійснювалися на основі технологічних карт і методичних рекомендацій, які є чинними в сільськогосподарських підприємствах північного Лісостепу України.

**Результати досліджень та обговорення.** Площа поперечного перерізу штамбу є одним з основних показників, який відображає силу росту дерев. В дев'ятирічних насадженнях даний показник залежав від взаємовпливу сорту, підщепи та схеми садіння дерев. На різних ділянках у сорту Скіфське золото він змінювався в межах 22,2–85,1, а у Дміани – 23,3–78,0 см<sup>2</sup> і у високощільних шпалерно-карликових насадженнях на підщепі М.9 був найменшим, а на ММ.106, при розміщенні дерев 4 x 2 м – найбільшим.

В семи-дев'ятирічних насадженнях об'єм крон у сортів яблуні відповідав силі росту дерев. Залежно від підщепи та щільності розміщення їх у сорту Скіфське золото даний показник варіював в межах 1,8–8,6, а Дміани – 2,0–8,3 м<sup>3</sup>. У відповідності до розмірів крон змінювався і показник площі листової поверхні. Зокрема у дерев сорту Скіфське золото цей показник становив 5,6–16,2, а у Дміани – 5,9–17,4 м<sup>2</sup>.

Вважається, що для високоінтенсивних плодівих насаджень оптимальна площа листового покриву повинна бути в межах 40–50 тис.м<sup>2</sup>/га. В наших дослідженнях близькими до таких показників були насадження з максимальною щільністю садіння дерев обох сортів на підщепах М.26 та ММ.106, де загальна площа листя становила 30,0–36,5 та 29,0–30,5 тис.м<sup>2</sup> (табл. 1).

Показник питомої продуктивності листя (вага плодів в перерахунку на 1 м<sup>2</sup> площі листя) та індексу продуктивності росту (вага плодів в перерахунку на 1 см<sup>2</sup> площі поперечного перерізу штамбу) відображає ефективність використання продуктів фотосинтезу під час формування врожаю. Відомо, що біологічні особливості слаброслих дерев і високопродуктивних сортів в цьому плані мають перевагу, яка забезпечує швидкоплідність [14, 21, 22].

За різної щільності розміщення дерев в перші три роки плодоношення середня урожайність Скіфського золота на підщепі ММ.106 була в межах 16,1–19,3, на М.26 – 20,7–21,7 і на М.9 – 16,8–25,4 т/га. На відповідних ділянках урожайність сорту Дміана становила 14,2–22,8, 21,8–27,5 та 18,8–27,0 т/га.

В цей період дерева зазначених сортів на карликовій підщепі мали вищі показники індексу продуктивності ніж на напівкарликовій і середньорослій. Зокрема у сорту Скіфське золото в різних конструкціях саду на підщепі ММ.106 даний показник знаходився в межах 0,3–0,5, М.26 – 0,48–0,65, і на М.9 – 0,52–0,53 кг/см<sup>2</sup>, а у сорту Дміана становив відповідно 0,41–0,48; 0,56–0,60 і 0,64–0,68 кг/см<sup>2</sup>.

У наступні п'ять років на ділянках досліду посилювалась тенденція до зростання рівня періодичності плодоношення. За таких умов у шпалерно-карликових насадженнях на підщепі М.9 і М.26 урожайність сорту Скіфське золото змінювалась в межах 33,4–50,3 і 18,1–47,7, а у Дміани – 13,6–89,8 та 16,8–59,1 т/га.

Таблиця 1

Біометричні показники дерев і площа листової поверхні сортів яблуні залежно від конструкції саду (середнє за 2023–2025 рр.)

| Підщепа           | Схема розміщення дерев, м | Площа поперечного перерізу штамбу, у 2025 р., см <sup>2</sup> | Об'єм крони, м | Площа листової поверхні |                             |
|-------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------|-----------------------------|
|                   |                           |                                                               |                | м <sup>2</sup> /дерево  | тис. м <sup>2</sup> на 1 га |
| Скіфське золото   |                           |                                                               |                |                         |                             |
| М.9               | 4 x 1,0 (к)               | 36,1                                                          | 3,9            | 9,0                     | 22,5                        |
|                   | 4 x 0,5                   | 22,2                                                          | 1,6            | 5,6                     | 28,0                        |
| М.26              | 4 x 1,0                   | 42,1                                                          | 4,5            | 9,8                     | 24,5                        |
|                   | 4 x 0,5                   | 24,7                                                          | 2,1            | 6,0                     | 30,0                        |
| ММ.106            | 4 x 2,0                   | 85,1                                                          | 8,6            | 16,2                    | 20,3                        |
|                   | 4 x 1,5                   | 42,6                                                          | 6,1            | 14,5                    | 24,2                        |
|                   | 4 x 1,0                   | 61,1                                                          | 4,2            | 11,6                    | 29,0                        |
| Дміана            |                           |                                                               |                |                         |                             |
| М.9               | 4 x 1,0                   | 37,8                                                          | 4,2            | 10,1                    | 25,3                        |
|                   | 4 x 0,5                   | 23,3                                                          | 2,0            | 5,9                     | 29,5                        |
| М.26              | 4 x 1,0                   | 42,9                                                          | 4,4            | 11,0                    | 27,8                        |
|                   | 4 x 0,5                   | 27,2                                                          | 2,3            | 7,3                     | 36,5                        |
| ММ.106            | 4 x 2,0                   | 78,0                                                          | 8,3            | 17,4                    | 21,8                        |
|                   | 4 x 1,5                   | 67,4                                                          | 5,7            | 15,6                    | 26,0                        |
|                   | 4 x 1,0                   | 59,3                                                          | 4,2            | 12,2                    | 30,5                        |
| НІР <sub>05</sub> |                           | 12,7                                                          | 1,2            | 1,6                     | 1,7                         |

Водночас у сортів яблуні на підщепі ММ.106 цей показник варіював в межах 25,6–65,9 та 22,0–67,8 т/га.

Зі збільшенням віку насаджень не спостерігалась чітка тенденція до непрямого зв'язку між силою росту дерев і показниками їхньої питомої продуктивності. В середньому за останні три роки плодоношення індекс продуктивності росту дерев сорту Скіфське золото в садах різних конструкцій на підщепі ММ.106 коливався в межах 0,37–0,43, М.26 – 0,38, а на М.9 – 0,43–0,47 кг/см<sup>2</sup>. На відповідних ділянках сорт Дміана забезпечив зростання цього показника до 0,41–0,53; 0,47–0,48 і 0,62–0,68 кг/см<sup>2</sup>.

В зазначений період, особливо у сорту Скіфське золото, встановлена істотна різниця за показником продуктивності листя в безпорних конструкціях саду на середньорослій підщепі та шпалерно-карликових насадженнях. Якщо за різної щільності розміщення дерев на підщепі ММ.106 питома продуктивність листя у цього сорту становила 1,79–1,95 кг/м<sup>2</sup>, то на М.26 даний показник зменшився до 1,38–1,44, а на М.9 – до 1,51–1,56 кг/м<sup>2</sup>. У сорту Дміана на відповідних ділянках цей показник зріс відповідно до 1,90–2,10; 1,50–1,53 та 2,10 кг/м<sup>2</sup>, що свідчить про більший продуктивний потенціал цього сорту (табл. 2).

Відомо, що інтенсивність метаболістичних процесів в рослині, за екстремальних умов водозабезпечення, залежить від її посухостійкості. Ця ознака є однією з цінних при добірї сорто-підщепних комбінуваних яблуні для малозатратних систем вирощування плодів. Умови Лісостепу України не є екстремальними в плані катастрофічної нестачі води, тому посухостійкість яблуні тут не належить до лімітуючих ознак. Ми її вивчали застосовуючи побічні методи, які можуть слугувати критеріями посухостійкості [23]. В різних конструкціях

дев'ятирічних насаджень у сортів яблуні визначали втрату води листям протягом 2, 4 і 6 годин підсушуванням і водний дефіцит.

За результатами досліджень водоутримувальна спроможність листя обумовлювалася сортовими особливостями і конструкцією саду. Зокрема у сорту Скіфське золото на підщепі М.9 при різній щільності розміщення дерев втрата води листям протягом 6 годин підсушування змінювалось в межах 33,1–64,3 %, на М.26 – 34,4–60,8, а на ММ.106 – 24,8–58,4 %. Показник водного дефіциту на цих ділянках був в межах 10,9–11,3, 11,1–12,6 та 9,0–10,0 %. На відповідних ділянках у сорту Дміана втрата води становила 31,3–63,0; 36,2–61,0 і 28,3–73,7 %, а водний дефіцит – 12,2; 10,9–12,4 та 6,5–9,0 %. Результати досліджень свідчать про те, що в умовах богару за потенційною посухостійкістю безпорні конструкції саду обох сортів на підщепі ММ.106 перевершують шпалерно-карликові насадження на М.9 та М.26 (табл. 3).

В перші вісім років плодоношення врожайність сорту Скіфське золото в шпалерно-карликових насадженнях на підщепах М.9 і М.26 становила в середньому 28,7–35,5 і 30,1–35,4 т/га, а у Дміани була на 13,6–23,9 і 5,0–16,9 % більшою. У садах з безпорними конструкціями на підщепі ММ.106 урожайність сорту Скіфське золото була в межах 30,2–39,6, а Дміани – 29,5–43,2 т/га і в обох сортів за розміщення дерев 4 x 1 м була максимальною. На кращих ділянках цей показник у Дміани щодо сорту Скіфське золото був на 9,1 % вищим (рис. 1).

Встановлена достовірна різниця в товарній якості плодів у сортів яблуні. Зокрема на різних ділянках у крупноплодного сорту Скіфське золото частка плодів вищого товарного ґатунку становила 68–84 %, першого – 9–18, другого – 2–7 і нестандартної продукції – 3–8 %. В різних

Таблиця 2

Продуктивність сортів яблуні залежно від конструкції саду (середнє за 2023–2025 рр.)

| Сорт              | Підщепа | Схема розміщення дерев, м | Питома продуктивність          |                                          |
|-------------------|---------|---------------------------|--------------------------------|------------------------------------------|
|                   |         |                           | кг/ м² площі листової поверхні | кг/см² площі поперечного перерізу штамбу |
| Скіфське золото   | М.9     | 4 x 1,0                   | 1,56                           | 0,47                                     |
|                   |         | 4 x 0,5                   | 1,51                           | 0,43                                     |
|                   | М.26    | 4 x 1,0                   | 1,38                           | 0,38                                     |
|                   |         | 4 x 0,5                   | 1,41                           | 0,38                                     |
|                   | ММ.106  | 4 x 2,0                   | 1,95                           | 0,43                                     |
|                   |         | 4 x 1,5                   | 1,92                           | 0,41                                     |
|                   |         | 4 x 1,0                   | 1,79                           | 0,37                                     |
| Дміана            | М.9     | 4 x 1,0                   | 2,10                           | 0,68                                     |
|                   |         | 4 x 0,5                   | 2,10                           | 0,62                                     |
|                   | М.26    | 4 x 1,0                   | 1,53                           | 0,48                                     |
|                   |         | 4 x 0,5                   | 1,50                           | 0,47                                     |
|                   | ММ.106  | 4 x 2,0                   | 1,99                           | 0,49                                     |
|                   |         | 4 x 1,5                   | 2,10                           | 0,53                                     |
|                   |         | 4 x 1,0                   | 1,90                           | 0,41                                     |
| НІР <sub>05</sub> |         |                           | 0,13                           | 0,04                                     |

Таблиця 3

Водоутримувальна здатність листя сортів яблуні залежно від конструкції інтенсивного саду (2025 р.)

| Підщепа         | Схема розміщення дерев, м | Втрата води, % |                |               | Водний дефіцит, % |
|-----------------|---------------------------|----------------|----------------|---------------|-------------------|
|                 |                           | через 2 години | через 4 години | через 6 годин |                   |
| Скіфське золото |                           |                |                |               |                   |
| М.9             | 4 x 1,0                   | 33,1           | 50,9           | 62,0          | 10,9              |
|                 | 4 x 0,5                   | 35,6           | 53,2           | 64,3          | 11,3              |
| М.26            | 4 x 1,0                   | 34,4           | 50,0           | 59,4          | 12,6              |
|                 | 4 x 0,5                   | 35,7           | 51,5           | 60,8          | 11,1              |
| ММ.106          | 4 x 2,0                   | 28,6           | 46,4           | 56,5          | 10,0              |
|                 | 4 x 1,5                   | 24,9           | 44,1           | 55,0          | 9,0               |
|                 | 4 x 1,0                   | 30,5           | 48,7           | 58,4          | 9,4               |
| Дміана          |                           |                |                |               |                   |
| М.9             | 4 x 1,0                   | 31,3           | 48,1           | 62,8          | 12,0              |
|                 | 4 x 0,5                   | 33,1           | 51,2           | 63,0          | 12,2              |
| М.26            | 4 x 1,0                   | 36,2           | 50,8           | 58,3          | 10,9              |
|                 | 4 x 0,5                   | 36,5           | 49,1           | 61,0          | 12,4              |
| ММ.106          | 4 x 2,0                   | 28,3           | 45,1           | 55,7          | 6,5               |
|                 | 4 x 1,5                   | 36,6           | 59,4           | 73,7          | 8,9               |
|                 | 4 x 1,0                   | 31,6           | 51,0           | 66,0          | 9,0               |

конструкціях насаджень у Дміани частка плодів вищого товарного сорту зменшилась до 6–19 %, водночас першого і другого зроста до 45–66 та 27–41 %, а нестандартна продукція складала 2–5 %. За такого процентного співвідношення середній урожай плодів зазначеної товарної якості на ділянках Скіфського золота становив відповідно 23,5–30,5; 2,6–6,4; 0,6–2,5 та 0,9–2,9, а у Дміани – 2,6–5,6; 15,2–29,0; 9,1–17,0 і 0,6–2,3 т/га. У відповідності до структури врожаю середня маса плодів на різних ділянках у Скіфського золота становила 180–195, а Дміани – 144–152 г (табл. 4).

Одним із обов'язкових елементів оцінки ефективності сорто-підщепних комбінувальних і конструкцій насаджень

яблуні є біохімічний аналіз одержаних плодів. Найбільш поширеними є такі показники як вміст сухих розчинних речовин, сума органічних кислот, цукрів, кількість аскорбінової кислоти та цукрово-кислотний індекс.

В наших дослідженнях вміст сухих розчинних речовин в плодах Скіфського золота в шпалерно-карликових насадженнях на підщепі М.9 становив 13,9–14,2; М.26 – 12,4–13,0, а на ММ.106 – 12,8–14,6 %. У плодів сорту Дміана їх вміст був істотно меншим і становив відповідно 11,0–11,6; 12,1–13,4 та 12,6–13,6 %. У обох сортів в безпорних конструкціях саду з колоноподібною кроною на підщепі ММ.106 кількість цих речовин була найбільшою.

Між сортами яблуні встановлена достовірна різниця і по вмісту в плодах титрованих органічних кислот. Зокрема у Скіфського золота їх концентрація на різних ділянках варіювала в межах 0,61–0,76, а у сорту Дміана – 0,45–0,53 %. За вмістом органічних кислот

плоди яблуні обох сортів у високощільних насадженнях з колоноподібною кроною на підщепі ММ.106 не поступалися шпалерно-карликовим на М.9 та М.26.

Цукри є основним джерелом енергії, складовими найважливіших сполук живої клітини. Аналіз отриманих

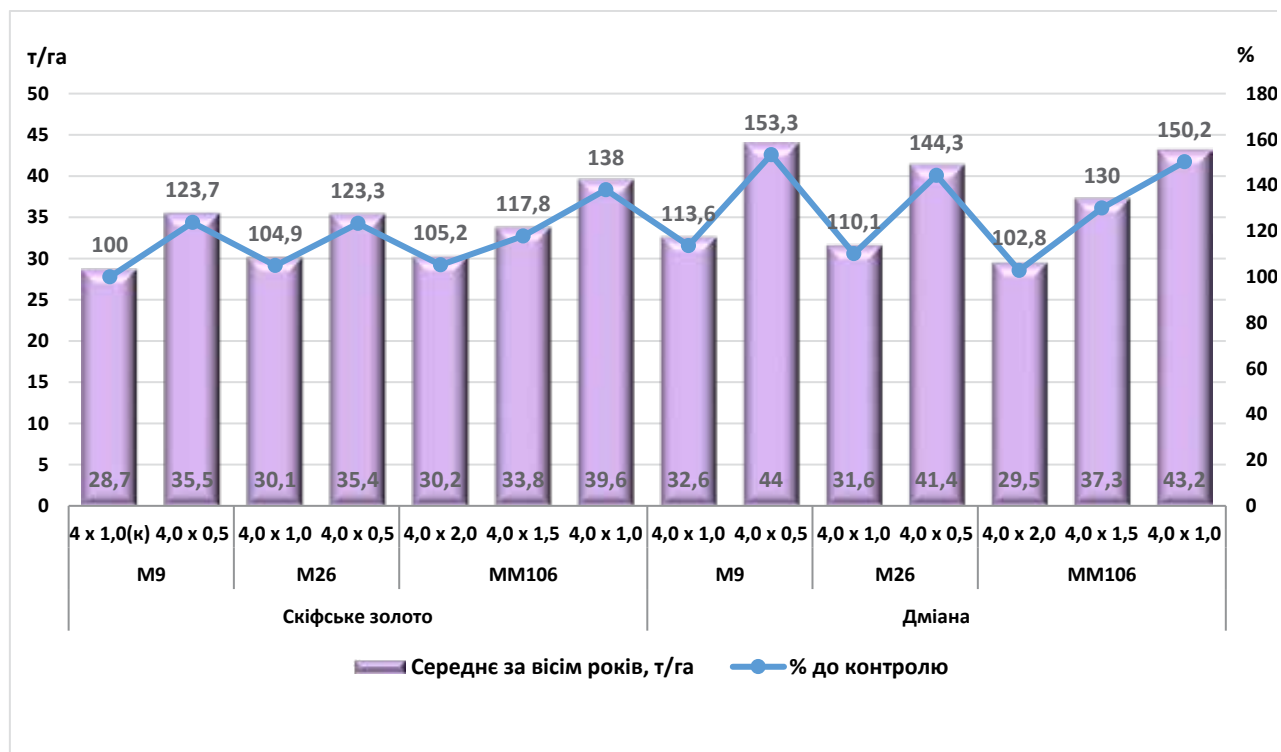


Рис. 1. Урожайність сортів яблуні в інтенсивному саду різних конструкцій на клонових підщепах (Садіння 2017 р.)

Таблиця 4

Товарна якість плодів у сортів яблуні залежно від конструкції інтенсивного саду (2018–2025 рр.)

| Підщепа           | Схема розміщення дерев, м | Урожай і частка плодів різної товарної якості |    |               |     |               |    |            |   | Середня маса плоду, г |
|-------------------|---------------------------|-----------------------------------------------|----|---------------|-----|---------------|----|------------|---|-----------------------|
|                   |                           | вищого сорту                                  |    | першого сорту |     | другого сорту |    | нестандарт |   |                       |
|                   |                           | т/га                                          | %  | т/га          | %   | т/га          | %  | т/га       | % |                       |
| Скіфське золото   |                           |                                               |    |               |     |               |    |            |   |                       |
| М.9               | 4 x 1,0 (к)               | 23,5                                          | 82 | 2,6           | 9,0 | 1,4           | 5  | 1,2        | 4 | 193                   |
|                   | 4 x 0,5                   | 24,1                                          | 68 | 6,0           | 17  | 2,5           | 7  | 2,9        | 3 | 180                   |
| М.26              | 4 x 1,0                   | 23,5                                          | 78 | 4,2           | 14  | 1,5           | 5  | 0,9        | 3 | 190                   |
|                   | 4 x 0,5                   | 24,8                                          | 70 | 6,4           | 18  | 2,5           | 7  | 1,7        | 5 | 187                   |
| ММ.106            | 4 x 2,0                   | 25,4                                          | 84 | 3,0           | 10  | 0,6           | 2  | 1,2        | 4 | 192                   |
|                   | 4 x 1,5                   | 27,0                                          | 80 | 3,4           | 10  | 2,0           | 6  | 1,4        | 4 | 189                   |
|                   | 4 x 1,0                   | 30,5                                          | 77 | 5,5           | 14  | 2,4           | 6  | 1,2        | 3 | 195                   |
| Дміана            |                           |                                               |    |               |     |               |    |            |   |                       |
| М.9               | 4 x 1,0 (к)               | 3,6                                           | 11 | 18,6          | 57  | 9,1           | 28 | 1,3        | 4 | 147                   |
|                   | 4 x 0,5                   | 2,6                                           | 6  | 29,0          | 66  | 10,1          | 23 | 2,3        | 5 | 144                   |
| М.26              | 4 x 1,0                   | 6,0                                           | 19 | 15,2          | 48  | 9,8           | 31 | 0,6        | 2 | 152                   |
|                   | 4 x 0,5                   | 3,7                                           | 9  | 18,6          | 45  | 17,0          | 41 | 2,1        | 5 | 144                   |
| ММ.106            | 4 x 2,0                   | 4,7                                           | 16 | 15,3          | 50  | 8,9           | 30 | 0,6        | 2 | 153                   |
|                   | 4 x 1,5                   | 5,6                                           | 15 | 20,5          | 55  | 10,1          | 27 | 1,1        | 3 | 148                   |
|                   | 4 x 1,0                   | 5,6                                           | 13 | 22,9          | 53  | 13,0          | 30 | 1,7        | 4 | 152                   |
| HIP <sub>05</sub> |                           | 11,1                                          | -  | 7,8           | -   | 4,7           | -  | 0,5        | - | 20,4                  |

даних показав, що в шпалерно-карликових насадженнях загальна кількість цукрів в плодах Скіфського золота становила 8,0–8,5, а у Дміани – 8,1–9,7 %. Відповідно в конструкціях насаджень з різною щільністю розміщення дерев на підщепі ММ.106 цей показник був в межах 8,9–9,9 та 9,0–9,4 %. При максимальній щільності розміщення дерев на цій підщепі загальна кількість цукрів в плодах Скіфського золота навіть була більшою, ніж у насадженнях на М.9 та М.26, а у Дміани їх вміст лише дещо поступався тільки насадженням на підщепі М.9.

Співвідношення цукрів і титрованих органічних кислот, виражене цукрово-кислотним індексом (Ц/К), визначає смак плодів. У плодів сорту Скіфське золото таке співвідношення на різних ділянках було в межах 11–14. У Дміани зазначений показник був істотно більшим (16–21), що свідчить про десертніший смак плодів цього сорту. На всіх ділянках, при щільному розміщенні дерев, відмічена загальна тенденція до зменшення величини цукрово-кислотного індексу в плодах. В обох сортів в безпорних конструкціях саду на середньорослій підщепі співвідношення цукрів і органічних кислот істотно не відрізнялись від такого ж показника в шпалерно-карликових насадженнях.

Аскорбінова кислота є одним з найважливіших вітамінів необхідних для нормального функціонування організму людини. Відомо, що плоди яблуні характеризуються помірною кількістю вітаміну С [24]. Нашими дослідженнями встановлена достовірна різниця за вмістом цього вітаміну між сортами яблуні на різних ділянках. Зокрема у сорту Скіфське золото вміст аскорбінової кислоти в плодах становить в середньому 4,4–5,4, а у Дміани – 3,1–3,9 мг/100 г сирової маси, що на 28–30 % менше. В розрізі кожного сорту нами не встановлено

істотної різниці за даним показником залежно від конструкції саду (табл. 5).

Для виробництва важливими є економічні показники господарювання, які ґрунтуються на співставленні затрат і прибутку отриманого від вирощування і реалізації продукції відповідної товарної якості. В наших дослідженнях формування ціни реалізації продукції обумовлювалося наявністю плодів вищого, першого, другого товарного сорту та нестандартної продукції для переробки. Для розрахунків використовували середні оптові ціни на яблука на ринку України у 2025 році. Плоди вищого товарного сорту оцінювали в 20 грн/кг, першого – 18, другого – 15, а для технічної переробки нестандартну продукцію – 7 грн/кг. Залежно від величини врожаю і товарної якості середня ціна реалізації однієї тони плодів сорту Скіфське золото з різних ділянок була в межах 18,0–21,4, а Дміани – 16,39–17,24 тис. грн, що на 8,9–19,4 % менше.

Дослідження економічної ефективності вирощування плодів у насадженнях різних конструкцій яблуні свідчать, що інвестиції на створення насаджень на підщепах М.9 (карликова) і М.26 (напівкарликова), залежно від густоти садіння становили 798,3–1222,9 тис. грн на 1 га, з яких 18,7–20,2% припадало на влаштування опорно-шпалерної конструкції (табл. 6). Амортизаційні відрахування для відшкодування вартості шпалери становили 5,9–6,3%.

Під час створення шпалерно-карликових садів питома вага витрат на придбання садивного матеріалу залежно від схеми садіння становила 25,1–32,7 %. За відповідної середньої врожайності у високощільних слаброслих насадженнях сорту Скіфське золото собі-вартість 1 т плодів була в межах 8,4–9,4, а Дміани – 7,9–8,3 тис. грн, прибуток на 1 га становив – відповідно

Таблиця 5

Вміст основних біохімічних компонентів у плодах сортів яблуні залежно від конструкції саду (2023–2025 рр.)

| Підщепа           | Схема розміщення дерев, м | Сухі розчинні речовини | Сума титрованих органічних кислот | Цукри (загальна кількість) | Вітамін С, мг/100г | Ц/К |
|-------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------------------|----------------------------|--------------------|-----|
|                   |                           | % на сиру масу         |                                   |                            |                    |     |
| Скіфське золото   |                           |                        |                                   |                            |                    |     |
| М.9               | 4 x 1,0                   | 13,9                   | 0,66                              | 8,5                        | 4,4                | 13  |
|                   | 4 x 0,5                   | 14,2                   | 0,72                              | 8,2                        | 4,9                | 11  |
| М.26              | 4 x 1,0                   | 12,4                   | 0,61                              | 8,3                        | 4,8                | 14  |
|                   | 4 x 0,5                   | 13,0                   | 0,64                              | 8,0                        | 5,0                | 13  |
| ММ.106            | 4 x 2,0                   | 12,8                   | 0,69                              | 9,9                        | 4,9                | 14  |
|                   | 4 x 1,5                   | 14,4                   | 0,72                              | 9,2                        | 5,2                | 13  |
|                   | 4 x 1,0                   | 14,6                   | 0,76                              | 8,9                        | 5,4                | 12  |
| Дміана            |                           |                        |                                   |                            |                    |     |
| М.9               | 4 x 1,0                   | 11,0                   | 0,48                              | 9,7                        | 3,1                | 20  |
|                   | 4 x 0,5                   | 11,6                   | 0,53                              | 9,3                        | 3,3                | 18  |
| М.26              | 4 x 1,0                   | 12,1                   | 0,48                              | 8,7                        | 3,6                | 18  |
|                   | 4 x 0,5                   | 13,4                   | 0,51                              | 8,1                        | 3,8                | 16  |
| ММ.106            | 4 x 2,0                   | 13,1                   | 0,47                              | 9,0                        | 3,2                | 19  |
|                   | 4 x 1,5                   | 12,6                   | 0,45                              | 9,4                        | 3,1                | 21  |
|                   | 4 x 1,0                   | 13,6                   | 0,51                              | 9,0                        | 3,4                | 18  |
| HIP <sub>05</sub> |                           | 0,8                    | 0,1                               | 0,5                        | 0,8                |     |

Таблиця 6

## Економічна оцінка вирощування сортів яблуні в різних конструкціях інтенсивного саду (2018–2025 рр.)

| Показники                                           | М.9        |         | М.26    |         | ММ.106  |         |         |
|-----------------------------------------------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                                     | 4 x 1,0(к) | 4 x 0,5 | 4 x 1,0 | 4 x 0,5 | 4 x 2,0 | 4 x 1,5 | 4 x 1,0 |
| <b>Скіфське золото</b>                              |            |         |         |         |         |         |         |
| Урожайність, т/га                                   | 28,7       | 35,5    | 30,1    | 35,4    | 30,2    | 33,8    | 39,6    |
| Виробничі витрати на 1 га, тис. грн.                | 227,4      | 302,2   | 230,1   | 302,0   | 182,8   | 192,5   | 215,1   |
| Собівартість 1 т реалізованої продукції, тис. грн.  | 8,7        | 9,4     | 8,4     | 9,4     | 6,7     | 6,3     | 6,0     |
| Виручка від реалізації валової продукції, тис. грн. | 546,2      | 647,8   | 644,4   | 660,6   | 543,4   | 641,0   | 753,4   |
| Прибуток на 1 га, тис. грн.                         | 296,5      | 314,1   | 391,6   | 327,8   | 341,1   | 428,1   | 515,8   |
| Рівень рентабельності, %                            | 118,7      | 94,1    | 154,9   | 98,5    | 168,6   | 201,1   | 217,1   |
| Інвестиції на створення 1 га насаджень, тис. грн.   | 798,3      | 1222,9  | 798,3   | 1222,9  | 435,2   | 497,3   | 621,7   |
| Строк окупності капітальних вкладень                | 5,7        | 6,9     | 5,0     | 6,7     | 4,0     | 4,2     | 4,2     |
| Роки створення насаджень                            | 3,0        | 3,0     | 3,0     | 3,0     | 3,0     | 3,0     | 3,0     |
| Ціна реалізації 1 т яблук, тис. грн.                | 19,03      | 18,25   | 21,40   | 18,64   | 17,99   | 18,96   | 19,03   |
| <b>Дміана</b>                                       |            |         |         |         |         |         |         |
| Урожайність, т/га                                   | 32,6       | 44,0    | 31,6    | 41,4    | 29,5    | 37,3    | 43,2    |
| Виробничі витрати на 1 га, тис. грн.                | 232,8      | 315,5   | 230,9   | 311,4   | 181,3   | 197,8   | 219,1   |
| Собівартість 1 т реалізованої продукції, тис. грн.  | 7,9        | 7,9     | 8,1     | 8,3     | 6,8     | 5,8     | 5,6     |
| Виручка від реалізації валової продукції, тис. грн. | 552,4      | 741,6   | 544,8   | 678,5   | 507,1   | 640,2   | 731,1   |
| Прибуток на 1 га, тис. грн.                         | 294,9      | 394,0   | 288,8   | 334,9   | 306,5   | 423,9   | 489,2   |
| Рівень рентабельності, %                            | 114,5      | 113,3   | 112,8   | 97,5    | 152,8   | 196,0   | 202,2   |
| Інвестиції на створення 1 га насаджень, тис. грн.   | 798,3      | 1222,9  | 798,3   | 1222,9  | 435,2   | 497,3   | 621,7   |
| Строк окупності капітальних вкладень                | 5,7        | 6,1     | 5,8     | 6,7     | 4,4     | 4,2     | 4,3     |
| Роки створення насаджень                            | 3,0        | 3,0     | 3,0     | 3,0     | 3,0     | 3,0     | 3,0     |
| Ціна реалізації 1 т яблук, тис. грн.                | 16,94      | 16,85   | 17,24   | 16,39   | 17,19   | 17,16   | 16,92   |

296,5–391,6 і 288,8–394,0 тис. грн, рівень рентабельності – 94,1–154,9 і 97,5–114,5 %, а строк окупності інвестицій – 5,0–6,9 і 5,4–6,7 років.

У безопорних насадженнях на ММ.106 інвестиції на їх створення становили 435,2–621,7 тис. грн, що на 44,1–49,0 % менше, ніж у шпалерно-карликових на підщепах М.9 і М.26. Залежно від урожайності в насадженнях різних конструкцій на підщепі ММ.106 собівартість 1 т яблук сорту Скіфське золото становила 6,0–6,7, а Дміани – 5,6–6,8 тис. грн, відповідно, прибуток на 1 га – 341,1–515,8 і 306,5–489,2 тис. грн, рівень рентабельності – 168,6–217,1 і 152,8–202,2 %, а строк окупності інвестицій – 4,0–4,2 і 4,2–4,4 роки.

Найвищі показники економічної ефективності виробництва плодів обох сортів забезпечували ділянки на ММ.106 за розміщення на 1 га 2500 дерев (схема садіння 4 x 1 м). Прибуток і рівень рентабельності вирощування плодів на цих ділянках у сорту Скіфське золото були на 5,4 і 14,9 % вищі, ніж у Дміани.

**Висновки.** Дослідження з комплексної оцінки різних конструкцій інтенсивних насаджень імунних до парші сортів яблуні свідчать про те, що підвищення показників ефективності виробництва, зниження витрат на

створення насаджень цієї культури, в умовах богару Правобережної частини Західного Лісостепу України, можливо за рахунок впровадження інноваційних способів ресурсозбереження, що передбачають створення високощільних безопорних конструкцій насаджень цих сортів на середньорослій підщепі ММ.106.

Такі насадження в період повного плодоношення забезпечують загальну площу листового покриву межах 29,0–30,5 тис. м<sup>2</sup> на 1 га, а питому продуктивність фотосинтетичної поверхні і потенційну посухостійкість дерев вищу, ніж в шпалерно-карликових насадженнях на підщепі М.9 та М.26.

В безопорній конструкції саду з колоноподібною кроною за комплексом споживчих якостей плодів, зокрема вмістом сухих розчинних речовин, титрованих органічних кислот, загальних цукрів, вітаміну С та показником цукрово-кислотного індексу не поступались шпалерно-карликовим насадженням.

За середньої врожайності в 39,6–43,2 т/га на цих ділянках чистий прибуток складав 515,8 та 489,2 тис. грн, а рівень рентабельності – 217,0 і 202,2 %, що відповідно на 24,3–74,0 і 62,2–123,4 % більше, ніж в шпалерно-карликових насадженнях на підщепах М.9 та М.26.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Сало І.А. Розвиток світового та вітчизняного ринку яблук. *Основи адаптивних технологій вирощування яблуні в Україні*: монографія; за ред. І.В. Гриника, Київ. 2020. С. 15-21.
2. Rubauskis E., Borisova I. Evaluation of dwarf rootstocks for high-density and sustainable orchards in Latvia. *ActaHorticulturae*. 2022. Vol.1346, P. 691-698. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1346.87>
3. Badiu D., Arion F. H., Muresan I. C., Lile R., Mitre V. Evaluation of Economic Efficiency of Apple Orchard Investments. *Sustainability*. 2015. Vol. 7(8), 10521-10533. <https://doi.org/10.3390/su70810521>
4. Lauri P., Pitchers B., Dufour L., Simon, S. Apple farming systems – current initiatives and some prospective views on how to improve sustainability. *ActaHorticulturae*. 2020. Vol. 1281, P.307-322. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1281.42>
5. Sansavini S., Donati F. Advances in apple breeding for enhanced fruit quality and resistance to biotic stresses: new varieties for European market. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* (Special ed.). 2004. Vol. 12. P. 13-52.
6. Shan J., Chen Y., Yu G., Xiaoqiang J. Integrated Horticultural Practices for Improving Apple Supply Chain Sustainability: A Case Study in the North China Plain. *Agronomy*. 2021. Vol. 11. P.1975. <https://doi.org/10.3390/agronomy11101975>
7. Кондратенко П.В. Кондратенко Т.Є. Еволюція технології вирощування яблуні. *Садівництво*. 2018. Вип.73. С. 66-74.
8. Bravin E., Perren S., Naef A. Low residue apple production: higher production risk and lower profit. *ActaHorticulturae*. 2019. Vol. 1242, P. 217-222. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1242.30>
9. Baima L., Nari L., Nari D., Bossolasco A., Blanc S., Brun F., Sustainability analysis of apple orchards: Integrating environmental and economic perspectives, *Heliyon*. 2024. V. 10. Is. 19. 38397 <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38397>.
10. Кондратенко Т.Є., Кондратенко П.В., Гончарук Ю.Д. Адаптивні властивості поширених сортів та зональні особливості у формуванні споживчих якостей плодів. *Основи адаптивних технологій вирощування яблуні в Україні*: монографія ; за ред. І.В. Гриника, Київ. 2020. С. 22-44.
11. Musacchi S., Guidelines for choosing pear rootstocks. International Rootstocks Symposium (Macfrut). 2024. Rimini, Italy, May 8.
12. Weibel F.P., Suter F., Ladner J., Monney P. Improved organic and low-input apple production using rootstocks tolerant to weed competition. *ActaHorticulturae*. 2008. Vol. 772, P.87-95. DOI: 10.17660/ActaHortic.2008.772.10.
13. Cline J., Black E., Coneva W., Cowgill R., Crassweller E., Fallahi T., Kon M., Muehlbauer G., Reighard L., Ouellette D. Performance of 'Fuji' apple trees on several size-controlling rootstocks in the 2014 NC-140 rootstock trial after eight years. 2023. *J. Amer. Pomol. Soc.* 77(4), P.226-243.
14. Жук В.М., Барабаш Л.О. Продуктивність і економічна ефективність вирощування плодів яблуні в різних конструкціях саду на вегетативних підщепах. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 2. С. 23-27.
15. Жук В.М., Барабаш Л.О., Кривошапка В.А., Болдижева Л.Д. Ефективність вирощування перспективних сортів яблуні селекції Інституту садівництва НААН в інтенсивних насадженнях. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 2 (827). С. 34-41.
16. Кондратенко П.В., Бублик М.О. Методика проведення польових досліджень з плодовими культурами. Київ: Аграрна наука, 1996. 95 с.
17. Яблука свіжі середніх та пізніх строків достигання. Технічні умови: ДСТУ 8133:2015. [Чинний від 2015-22-06]. Київ: ДП «Укр НДНЦ». 2017. 9 с.
18. Фізіологія рослин з основа біохімії / [М.М. Макрушин, Є.М. Макрушина, Н.В. Петерсон, В.С. Цибулько]; під ред. М.М. Макрушина. К: Урожай, 2005 – 544 с.
19. Кондратенко П.В., Шевчук Л.М., Левчук Л.М. Методика оцінки якості плодово-ягідної продукції. Київ: СПД «Жителев С.І.», 2008. 79 с.
20. Методика економічної та енергетичної оцінки типів насаджень, сортів, інвестицій в основний капітал, інновацій та результатів технологічних досліджень у садівництві ; за ред. О.М. Шестопаля. Київ: ННЦ «Інститут аграрної економіки». 2006. 140 с.
21. Westwood M. N., Roberts A. N. The Relationship Between Trunk Crosssectional Area and Weight of Apple Trees. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 1970. Vol. 95(1). P. 28-30.
22. Заморський В.В. Продуктивність насаджень яблуні різних конструкцій. *Зб. Наук. пр. Уманського державного аграрного університету*. 2008. Вип.67. С. 127-134.
23. Копань В.П., Копань К.М., Яреценко О.М., Козуліна Ю.Б. Адаптаційна селекція плодівих і ягідних культур в Україні. *Садівництво*. 2003. Вип.53. С. 28-35.
24. Єжов В.М., Гриник І.В. Біохімічні аспекти селекції плодівих зерняткових культур. *Садівництво*. 2018. Вип.73. С. 5-16.

## REFERENCES:

1. Salo, I.A. (2020). Rozvytok svitovoho ta vitchyznianoho rynku yabluk [Development of the global and domestic apple market]. In I. V. Hrynyk (Ed.) *Osnovy adaptyvnykh tekhnolohii vyroshchuvannia yabluni v Ukraini: monohrafiia*. Kyiv.15-21 [in Ukrainian].
2. Rubauskis, E. & Borisova, I. (2022). Evaluation of dwarf rootstocks for high-density and sustainable orchards in Latvia. *ActaHorticulturae*. 1346. 691-698. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1346.87>
3. Badiu, D., Arion, F. H., Muresan, I. C., Lile, R., & Mitre, V. (2015). Evaluation of Economic Efficiency of Apple Orchard Investments. *Sustainability*, 7(8), 10521-10533. <https://doi.org/10.3390/su70810521>
4. Lauri, P., Pitchers, B., Dufour, L. & Simon, S. (2020). Apple farming systems – current initiatives and some prospective views on how to improve sustainability. *Acta Horticulturae*. 1281. 307-322. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1281.42>
5. Sansavini, S. & Donati, F. (2004). Advances in apple breeding for enhanced fruit quality and resistance to biotic stresses: new varieties for European market. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* (Special ed.). 12. 13-52.
6. Shan, J., Chen, Y., Yu, G. & Xiaoqiang, J. (2021). Integrated Horticultural Practices for Improving Apple

- Supply Chain Sustainability: A Case Study in the North China Plain. *Agronomy*. 11. 1975. <https://doi.org/10.3390/agronomy11101975>.
7. Kondratenko, P.V. & Kondratenko, T.Ye. (2018). Evoliutsiia tekhnologii vyroshchuvannia yabluni [Evolution of apple cultivation technology]. *Sadivnytstvo*, 73, 66-74. [in Ukrainian].
  8. Bravin, E., Perren, S. & Naef, A. (2019). Low residue apple production: higher production risk and lower profit. *Acta Horticulturae*. 1242, 217-222. doi: 10.17660/ActaHortic.2019.1242.30
  9. Baima, L., Nari, L., Nari, D., Bossolasco, A., Blanc, S. & Brun, F. (2024). Sustainability analysis of apple orchards: Integrating environmental and economic perspectives. *Heliyon*, 10(19), 38397. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38397>.
  10. Kondratenko, T.Ye., Kondratenko, P.V., & Honcharuk, Yu.D. (2020). Adaptivni vlastyivosti poshyrenykh sortiv ta zonalni osoblyvosti u formuvanni spozhyvchykh yakosti plodiv [Adaptive properties of common cultivars and zonal features in the formation of consumer fruit quality]. In I. V. Hrynyk (Ed.), *Osnovy adaptivnykh tekhnologii vyroshchuvannia yabluni v Ukraini: monohrafiia*. Kyiv. 22-44. [in Ukrainian].
  11. Musacchi S. (2024). Guidelines for choosing pear rootstocks. International Rootstocks Symposium (Macfrut), Rimini, Italy. May 8.
  12. Weibel, F.P., Suter, F., Ladner, J. & Monney, P. (2008). Improved organic and low-input apple production using rootstocks tolerant to weed competition. *Acta Hort.* 772, 87-95. DOI: 10.17660/ActaHortic.2008.772.10.
  13. Cline, J. A., B. Black, E. Coneva, W. Cowgill, R. Crassweller, E. Fallahi, T. Kon, M. Muehlbauer, G.L. Reighard, & D.R. Ouellette. (2023). Performance of 'Fuji' apple trees on several size-controlling rootstocks in the 2014 NC-140 rootstock trial after eight years. *J. Amer. Pomol. Soc.* 77(4). 226-243.
  14. Zhuk V.M. & Barabash L.O. (2017). Produktivnist i ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannia plodiv yabluni v riznykh konstruktsiiakh sadu na vehetativnykh pidshchepakakh [Productivity and economic efficiency of apple cultivation in various orchard designs on vegetative rootstocks]. *Visnyk aharnoi nauky*, 2, 23-27. [in Ukrainian].
  15. Zhuk V.M., Barabash L.O., Kryvoshepa V.A. & Boldyzheva L.D. (2022). Efektyvnist vyroshchuvannia perspektivnykh sortiv yabluni selektsii Instytutu sadivnytstva NAAN v intensyivnykh nasadzhenniakh. [Efficiency of growing promising apple cultivars of the Institute of Horticulture of the NAAS selection in intensive orchards]. *Visnyk aharnoi nauky*, 2(827), 34-41. [in Ukrainian].
  16. Kondratenko P.V. & Bublyk M.O. (1996). *Metodyka provedennia polovykh doslidzhen z plodovymy kulturamy* [Methodology of conducting field research with fruit crops]. Kyiv: Aharna nauka. 95. [in Ukrainian].
  17. DSTU 8133:2015. (2017). *Iabluka svizhi serednikh ta piznikh strokiv dostyhanntia. Tekhnichni umovy* [Fresh apples of medium and late ripening periods. Specifications]. Kyiv: DP "Ukr NDNTs". [in Ukrainian].
  18. Fiziologhiia roslin z osnova biokhimii. (2005). [Plant physiology based on biochemistry] [M.M. Makrushyn, Ye.M. Makrushyna, N.V. Peterson, V.S. Tsybulko]; pid red. M.M. Makrushyna. K: Urozhai. 544 [in Ukrainian].
  19. Kondratenko P.V., Shevchuk L.M. & Levchuk L.M. (2008). *Metodyka otsinky yakosti plodovo-yahidnoi produktsii* [Methodology for evaluating the quality of fruit and berry products]. Kyiv: SPD "Zhyteliev S.I." [in Ukrainian].
  20. Shestopal O.M. (Ed.). (2006). *Metodyka ekonomichnoi ta enerhetychnoi otsinky typiv nasadzhen, sortiv, investytsii v osnovnyi kapital, innovatsii ta rezultativ tekhnolohichnykh doslidzhen u sadivnytstvi* [Methodology of economic and energy assessment of plantation types, varieties, capital investments, innovations, and results of technological research in horticulture]. Kyiv: NNTs "Instytut aharnoi ekonomiky" [in Ukrainian].
  21. Westwood M. N. & Roberts A. N. (1970). The Relationship Between Trunk Crosssectional Area and Weight of Apple Trees. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 95(1). 28-30.
  22. Zamorskyi V.V. (2008). Produktivnist nasadzhen yabluni riznykh konstruktsii. [Productivity of apple orchards of various designs]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanshoho derzhavnoho aharnoho universytetu*. (67), 127-134. [in Ukrainian].
  23. Kopan V.P., Kopan K.M., Yareshchenko O.M. & Kozulina Yu.B. (2003). Adaptatsiina selektsiia plodovykh i yahidnykh kultur v Ukraini [Adaptive breeding of fruit and berry crops in Ukraine]. *Sadivnytstvo*. 53, 28-35.
  24. Yezhov V.M. & Hrynyk, I.V. (2018). Biokhimichni aspekty selektsii plodovykh zerniatkovykh kultur [Biochemical aspects of breeding pome fruit crops]. *Sadivnytstvo*. 73, 5-16.

**Жук В.М., Жук В.В. Комплексна оцінка різних конструкцій інтенсивних насаджень імунних до парші сортів яблуні в умовах правобережної частини Західного Лісостепу України**

**Мета** – оцінити конструкції інтенсивних насаджень імунних до парші сортів яблуні за продуктивністю, посухостійкістю дерев, товарною і споживчою якістю плодів та визначити економічно ефективніші з них для малозатратних систем вирощування в умовах правобережної частини Західного Лісостепу України. **Методи.** Дослідження проводили в насадженнях 2017 року. Об'єктами були конструкції насаджень на вегетативних підщепах різної сили росту сортів Скільське золото і Дміана. Вимірювально-ваговим методом визначали біометричні показники, врожайність та товарну якість плодів; статистичним – достовірність експериментальних даних; аналітичним – потенційну посухостійкість дерев та біохімічний склад плодів; розрахунково-порівняльним – економічну ефективність. **Результати.** Дослідженнями встановлено, що в період повного плодоношення насаджень на підщепі ММ.106 з колоноподібною кроною при щільності садіння 2500 дер./га за показниками продуктивності, потенційної посухостійкості дерев і товарної якості плодів перевершують, а за комплексом споживчих якостей продукції не поступаються шпалерно-карликовим насадженням на підщепі М.9 та М.26. За середньої врожайності в 39,6–43,2 т/га на цих ділянках чистий прибуток складав 515,8 та 489,2 тис. грн, а рівень рентабельності – 217,0 і 202,2 %, що відповідно на 24,3–74,0 і 62,2–123,4 % більше, ніж в шпалерно-карликових насадженнях на підщепах М.9 та М.26. **Висновки.** Дослідження з комплексної оцінки різних конструкцій інтенсивних насаджень імунних до парші сортів яблуні свідчать про те, що підвищення показників ефективності виробництва, зниження витрат на створення насаджень



цієї культури, в умовах богару Правобережної частини Західного Лісостепу України, можливо за рахунок впровадження інноваційних способів ресурсозбереження, що передбачають створення високощільних безопорних конструкцій насаджень цих сортів на середньорослій підщепі MM.106.

**Ключові слова:** яблуня, підщепи, посухостійкість, урожайність, товарна якість, споживча якість, економічна ефективність

**Zhuk V.M., Zhuk V.V. Comprehensive assessment of various intensive orchard designs for scab-immune apple cultivars in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine**

**Purpose.** The study aims to evaluate the designs of intensive orchards featuring scab-immune apple cultivars based on productivity, drought resistance, and the commercial and consumer quality of the fruit. Furthermore, the objective is to identify the most economically efficient designs for low-input cultivation systems under the environmental conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** The research was conducted in orchards established in 2017. The objects of the study were orchard designs on vegetative rootstocks of varying vigor using 'Skifske Zoloto' and 'Damiana' cultivars. Biometric indicators, yield, and commercial fruit quality were determined using the measurement-and-weight method. Statistical analysis was employed to ensure the reliability of experimental data; analytical methods were

used to assess the potential drought resistance of trees and the biochemical composition of the fruit; and the calculation-and-comparison method was applied to evaluate economic efficiency. **Results.** The study established that during the full fruiting period, orchards on MM.106 rootstock with a columnar crown at a planting density of 2,500 trees/ha outperform trellis-dwarf orchards on M.9 and M.26 rootstocks in terms of productivity, potential drought resistance, and commercial fruit quality. Regarding the complex of consumer qualities, they are not inferior to the dwarf systems. With an average yield of 39.6–43.2 t/ha in these plots, the net profit amounted to 515.8 and 489.2 thousand UAH, respectively, with profitability levels of 217.0% and 202.2%. These figures are 24.3–74.0% and 62.2–123.4 % higher, respectively, than those of trellis-dwarf orchards on M.9 and M.26 rootstocks. **Conclusions.** The comprehensive assessment of various intensive orchard designs for scab-immune apple cultivars indicates that increasing production efficiency and reducing establishment costs in the rainfed conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine is achievable through the implementation of innovative resource-saving methods. These methods involve creating high-density, support-free orchard designs using these cultivars on the semi-vigorous MM.106 rootstock.

**Key words:** apple tree, rootstocks, drought resistance, yield, commercial quality, consumer quality, economic efficiency.

Дата першого надходження статті до видання: 10.04.2026  
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026  
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА ОРГАНІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА

**ЗАЙКА В.К.** – доктор біологічних наук, професор

[orcid.org/0000-0007-2206-772X](https://orcid.org/0000-0007-2206-772X)

Карпатський національний університет імені Василя Стефаника

**СІМЧУК А.П.** – доктор біологічних наук, професор

[orcid.org/0000-0002-1762-144X](https://orcid.org/0000-0002-1762-144X)

Карпатський національний університет імені Василя Стефаника

**ДМИТРИК П.М.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

[orcid.org/0000-0003-1973-391X](https://orcid.org/0000-0003-1973-391X)

Карпатський національний університет імені Василя Стефаника

**ГУСАК В.В.** – кандидат біологічних наук, доцент

[orcid.org/0000-0001-9415-9837](https://orcid.org/0000-0001-9415-9837)

Карпатський національний університет імені Василя Стефаника

**Постановка проблеми.** Органічне рослинництво в Україні упродовж останнього десятиліття перетворилося на самостійний напрям аграрного виробництва, що поєднує екологічні, економічні та продовольчі функції. Загальмування динаміки сертифікованих площ після початку повномасштабної війни, втрата частини угідь у південних областях унаслідок окупації та мінування, а також завершення перехідного періоду чинності Регламенту Ради (ЄС) № 834/2007 і поступове запровадження Регламенту Європейського Парламенту та Ради (ЄС) № 2018/848 створили принципово нову конфігурацію викликів для вітчизняних виробників [6, с. 84–85; 14]. За умов одночасного скорочення площ органічних угідь та потреби у нарощуванні експортного потенціалу актуалізується потреба у системному узагальненні агротехнологічних рішень, які дають змогу підтримувати стабільну врожайність без застосування синтетичних мінеральних добрив, хімічних пестицидів і регуляторів росту.

Світова та європейська політика сталого розвитку, зокрема Європейський зелений курс і стратегія «Від лану до столу», передбачає істотне розширення площ під органічним виробництвом до 25 % сільськогосподарських угідь ЄС до 2030 року, що визначає для України не лише орієнтир, а й конкретний фронт інституційних та технологічних змін [11, с. 192–193]. На тлі гармонізації національного законодавства з європейським посилюється запит до агрономічної науки на розробку технологічних рішень, спроможних забезпечити продуктивність органічних посівів за рахунок біологічних чинників – мікробіологічних препаратів, симбіотичної азотфіксації, сидеральних культур, побічної продукції рослинництва та раціонально побудованих сівозмін.

Окремої уваги заслуговує проблема методичного забезпечення передпосівної обробки насіння біологічними препаратами, оскільки саме цей агроприйом у системі органічного виробництва часто визначає як стартовий розвиток рослин, так і кінцеву продуктивність агроценозу. Поєднання передпосівної інокуляції

з позакореновими підживленнями біопрепаратами комплексної дії стає одним із небагатьох інструментів, що дозволяє в межах правил органічного рослинництва компенсувати відсутність мінеральних азотних добрив та синтетичних фунгіцидів [4, с. 8; 12, с. 86].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Інституційні та правові аспекти розвитку органічного сектору в Україні останніми роками детально досліджували К. О. Прокопенко та Л. О. Удова, які проаналізували імплементацію Регламенту (ЄС) № 2018/848 та обґрунтували необхідність гармонізації національного законодавства з європейськими вимогами щодо контролю, спрощеної сертифікації для дрібних виробників і нових правил імпорту [6, с. 86–88]. Правові виклики для України в контексті Європейського зеленого курсу досліджено у працях М. О. Хлістунової та М. В. Якушевської, які наголошують на потребі формувати органічне виробництво як комплексну екологічну стратегію, а не лише як економічний напрям [11, с. 195].

Концептуальні засади органічного аграрного виробництва, його виклики та перспективи розглянуто в оглядовій праці В. П. Резніченка, Л. В. Коломієць та С. В. Стефанюка, де органічне землеробство визначено як систему, яка відкидає синтетичні хімікати й зосереджується на методах підвищення родючості ґрунту та збереженні екологічного балансу [7]. Економічні та сталіснотехнологічні передумови розвитку галузі ґрунтовно опрацьовані у статті, присвяченій сучасним тенденціям органічного виробництва в аграрному секторі та фермерських господарствах України, де акцентовано увагу на ролі сімейних ферм, експортоорієнтованих культур і енергетичних рослин.

Технологічні складові органічного рослинництва досліджено у низці експериментальних робіт. Л. М. Карпук та Я. О. Федорченко на матеріалі трирічних польових дослідів встановили, що комбіноване застосування біопрепарату Гумат калію забезпечує приріст урожайності гречки до 21,7 % порівняно з контролем у межах правил органічного виробництва [3]. Для проса посівного



М. М. Федорченко та Л. М. Карпук показали позитивний вплив передпосівної обробки насіння біопрепаратами на чисту продуктивність фотосинтезу та накопичення сухої речовини [10]. У роботах А. А. Коробка обґрунтовано, що передпосівна інокуляція насіння сої біопрепаратами в поєднанні з біопротекторами та позакореневим підживленням сприяє суттєвому зростанню асиміляційної поверхні листків, тривалості вегетаційного періоду та продуктивності рослин [4, с. 6–9].

Питання впливу мікробіологічних препаратів на ризосферу культурних рослин у системі органічного виробництва опрацьовано В. П. Карпенком та Р. М. Притуляком на прикладі чини посівної: дослідники довели здатність препаратів Біонеостим і Вермистим Д стимулювати формування ризобіального апарату та оптимізувати азотне живлення культури [2]. Принципи системного підбору біопрепаратів для садівництва органічного типу узагальнено О. П. Ткачуком та А. Т. Мізерієм, які запропонували класифікувати їх за функціональним призначенням на біодобрива, біопестициди, антистресанти та комплексні препарати [9]. У роботі А. В. Голодної та співавторів комплексно проаналізовано вплив систем удобрення, оброблення насіння і метеорологічних умов на врожайність сої у Правобережному Лісостепу [1]. У публікації колективу авторів ННЦ «Інститут землеробства НААН» представлено результати удосконалення технології вирощування пшениці спельти озимої за органічної системи землеробства, що демонструє практичне втілення наукових підходів до органічних зернових культур [10, с. 4]. Водночас, попри низку ґрунтовних робіт, у науковій літературі бракує узагальнень, які б синтезували статистичні, інституційні та технологічні аспекти органічного рослинництва саме у форматі огляду, придатного для практичного використання виробниками й науковцями.

**Метою статті** є узагальнення особливостей виробництва органічної продукції рослинництва в Україні з акцентом на сучасні агротехнологічні рішення – сівозміну, передпосівну обробку насіння біологічними препаратами, біологізоване мінеральне живлення – та систематизація статистичних даних щодо динаміки сертифікованих площ і кількості операторів органічного ринку у 2019–2024 рр. для формування обґрунтованих висновків щодо подальшого розвитку галузі.

**Результати досліджень.** Стан органічного сектору України у 2019–2024 рр. характеризувався значною волатильністю та структурними зрушеннями. За даними Міністерства аграрної політики та продовольства України, станом на 31 грудня 2023 р. площа сільськогосподарських угідь під органічним виробництвом, у тому числі перехідного періоду, становила 471 176 га, або 1,1 % від загальної площі земель сільськогосподарського призначення України, з яких 390 923 га мали органічний статус [5]. Упродовж 2024 р. відбулося істотне скорочення площ – до 349 348 га, що становить майже 26-відсотковий спад, спричинений переважно військовими діями, мінуванням сертифікованих масивів, втратою логістичних маршрутів та припиненням діяльності частини іноземних органів сертифікації [8]. Узагальнена динаміка площ показана на рисунку 1, де помітно поступове скорочення з 467,98 тис. га у 2019 р. до 349,35 тис. га у 2024 р., водночас із збереженням сегмента угідь, що мають остаточний органічний статус.

Паралельно зі скороченням площ змінювалася й кількість операторів органічного ринку. Якщо у 2019 р. в Україні діяло понад 600 операторів, то у 2024 р. за стандартами ЄС та/або США (NOP) сертифіковано 436 операторів, з яких 364 – безпосередньо сільськогосподарські виробники [8]. Зменшення абсолютної кількості учасників ринку компенсується зростанням

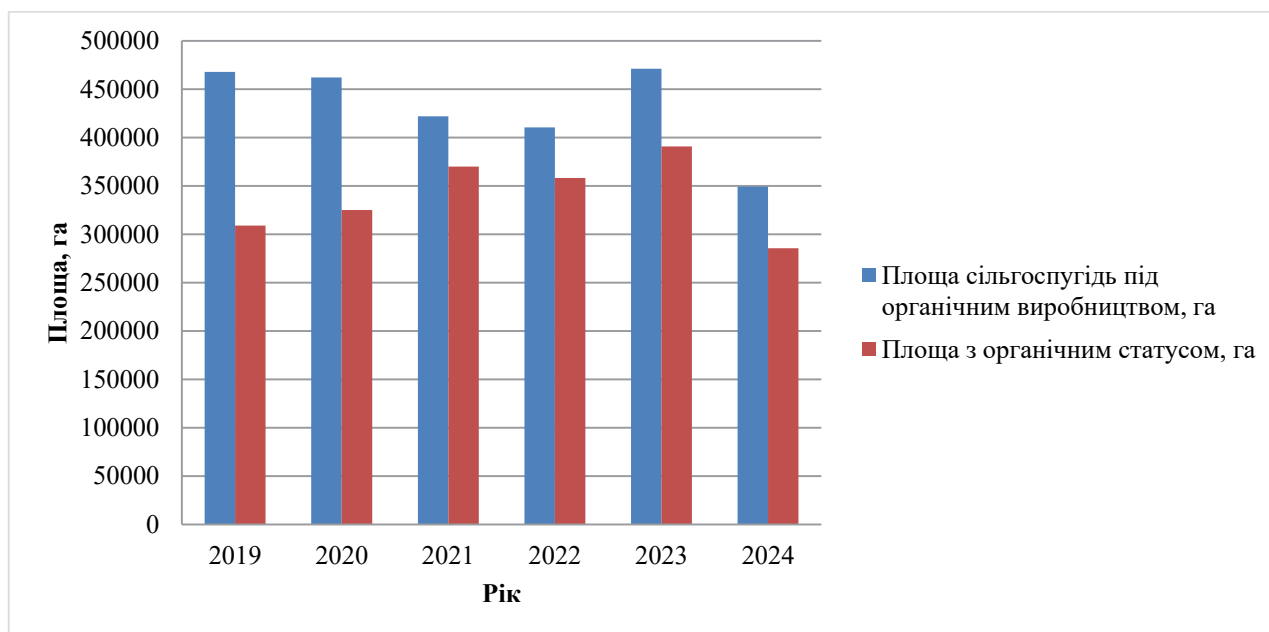


**Рис. 1. Динаміка площ сільгоспугідь під органічним виробництвом в Україні, 2019-2024 рр.**

Джерело: [5;8]

якості сертифікаційних процедур, оскільки із січня 2025 р. вимоги Регламенту (ЄС) № 2018/848 стали обов'язковими для всіх експортерів органічної продукції до Європейського Союзу [6, с. 90; 14]. Основні зрушення стосуються посилення контролю, спрощення сертифікації для груп дрібних фермерів і нових правил імпорту з третіх країн, що безпосередньо торкається українських виробників. Динаміка кількості операторів органічного ринку в Україні відображена на рисунку 2 і свідчить про інерційний характер скорочення з пікових значень 2019–2020 рр.

Регіональна структура органічного виробництва зазнала помітної трансформації: якщо до повномасштабного вторгнення були південні області з доступом до морських портів, то у 2024 р. провідні позиції за площами зайняли Одеська (близько 50 тис. га), Хмельницька, Вінницька, Київська та Полтавська області [8]. За кількістю операторів першість утримує Вінниччина (67 операторів) і Київщина (51 оператор), що відображає зміщення центру ваги органічного сектору з півдня в центральну та західну частини України.

Принципи виробництва органічної продукції рослинництва ґрунтуються на правовій базі, гармонізований з європейською. Виробництво має відбуватися із дотриманням повної заборони синтетичних мінеральних добрив, хімічних пестицидів, генетично модифікованих організмів, синтетичних регуляторів росту та опромінення продукції; відсутність хімічних засобів захисту рослин компенсується агротехнічними, фізичними, біологічними методами та використанням допоміжних продуктів, дозволених Додатком II Регламенту (ЄС) № 889/2008 і чинного Регламенту (ЄС) № 2018/848 [11, с. 196; 14]. Сертифікація органічного господарства передбачає трирічний перехідний (конверсійний) період, упродовж якого виробник дотримується органічних

стандартів, проте ще не реалізовує продукцію за преміальними цінами – саме така тривалість конверсії розглядається як чинник, що утримує частину фермерів від переходу до органічного виробництва за відсутності цільової державної підтримки [6, с. 92].

Узагальнена характеристика правових та технологічних обмежень, які формують специфіку органічного рослинництва, представлена в таблиці 1. Згруповано основні групи заборонених і дозволених засобів, а також агротехнічні вимоги, що їх компенсують.

Сівозміна посідає центральне місце в системі органічного рослинництва, оскільки вона єдина може забезпечити одночасне регулювання поживного режиму, фітосанітарного стану та біологічної активності ґрунту без застосування синтетичних засобів. Багаторічними дослідженнями доведено, що склад і чергування культур, рівень внесення органічних добрив та системи обробітку ґрунту в сівозміні визначають баланс гумусу, поживних речовин і органічної речовини, а отже – її здатність відтворювати родючість. Введення багаторічних бобових трав, передусім люцерни, до структури сівозміни забезпечує накопичення симбіотичного азоту, обсяги якого можуть перевищувати показники одно- та дворічних бобових культур, а поживні рештки і сидерати слугують енергетичним матеріалом для ґрунтової мікрофлори.

У межах сертифікованих органічних господарств широко застосовуються чотиріпільні, п'яти-, шести- та семипільні сівозміни з обов'язковим включенням бобових (люцерна, конюшина, еспарцет, горох, нут, соя) та сидеральних культур (гірчиця біла, редька олійна, фацелія, вика, ріпак). Експериментальні дані з відновлення родючості ґрунтів, ушкоджених війною, у Миколаївській області продемонстрували, що впровадження п'ятипільних та семипільних сівозмін збільшувало валову

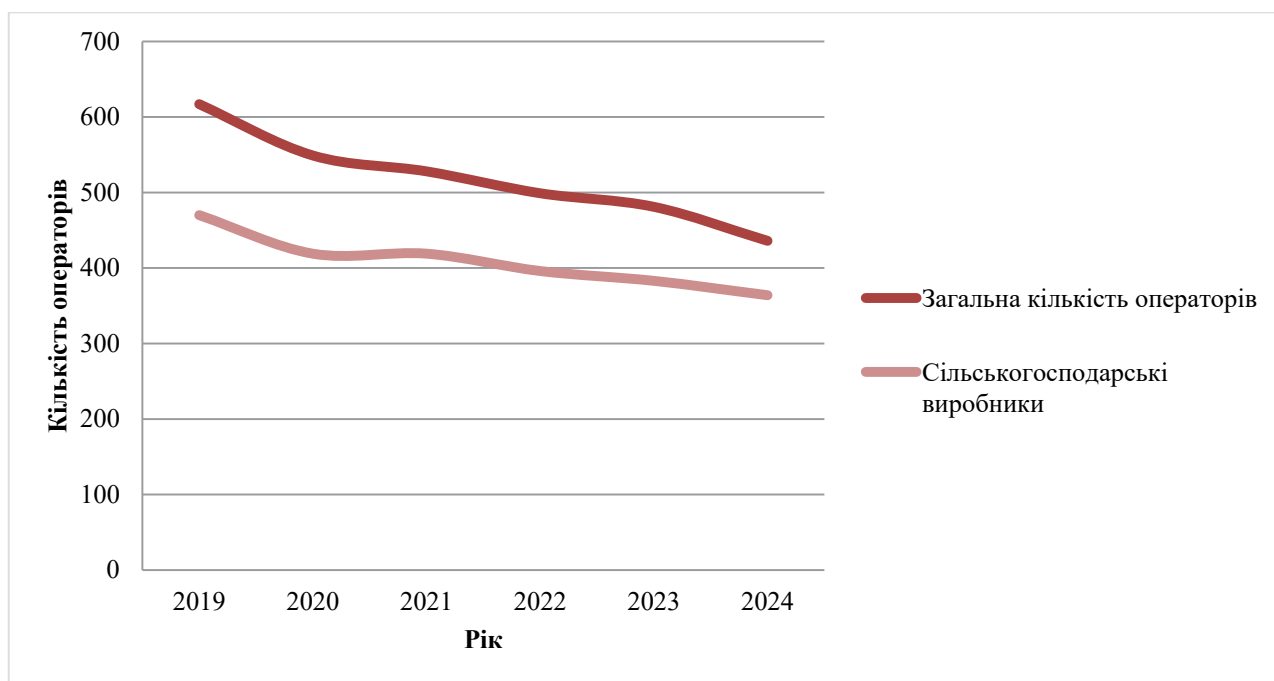


Рис. 2. Регіональна структура органічного виробництва

Таблиця 1

## Основні правові та технологічні обмеження органічного рослинництва

| Сфера                           | Заборонено в органічному рослинництві                                         | Дозволено та використовується як заміник                                                                                             |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Мінеральне живлення             | Синтетичні мінеральні добрива (азотні, фосфорні, калійні)                     | Гній великої рогатої худоби, компост, вермикомпост, сидерати, побічна продукція рослинництва, мікробні препарати-фосфат-мобілізатори |
| Захист рослин                   | Хімічно синтезовані пестициди (гербіциди, інсектициди, фунгіциди)             | Біопестициди, ентомофаги, агротехнічні методи, механічне оброблення, біологічні фунгіциди (триходерміни, поліміксобактерин тощо)     |
| Насіння та матеріал розмноження | Генетично модифікований посівний матеріал; обробка синтетичними протруйниками | Сертифіковане органічне насіння; передпосівна обробка біопрепаратами та мікробіологічними інокулянтами                               |
| Регуляція росту                 | Синтетичні регулятори росту, фітогормональні препарати хімічного синтезу      | Біогенні гумати, екстракти морських водоростей, амінокислотні комплекси, дозволені допоміжні продукти                                |
| Структура посівів               | Беззмінне вирощування монокультури, насичення короткими ротаціями             | Багатопільні сівозміни (5–10 полів) з обов'язковою часткою бобових та сидератів                                                      |

Таблиця 2

## Вплив передпосівної обробки насіння біопрепаратами на врожайність сільськогосподарських культур за органічного виробництва

| Культура                  | Біопрепарат / схема обробки                         | Контроль, т/га | Дослід, т/га   | Приріст, % |
|---------------------------|-----------------------------------------------------|----------------|----------------|------------|
| Гречка, сорт Син-3/02     | Гумат калію (передпосівна + вегетація)              | 1,89           | 2,30           | 21,7       |
| Гречка, сорт Ярославна    | Гумат калію (передпосівна + вегетація)              | 1,56           | 1,90           | 21,8       |
| Просо, сорт Біла Альтанка | Біокомплекс-БТУ + Органік-Баланс (комплекс)         | 5,60*          | 6,60*          | 17,9       |
| Соя, сорт Самородок       | Різолайн-р + Різосейв + Органік-баланс + Азотофіт-р | –              | +20,7 (висота) | –          |

Примітка: \* – накопичення сухої речовини у фазі викидання волоті, т/га. Складено за джерелами [3; 4; 10].

продукцію в 1,3 раза порівняно з вихідними показниками, а врожайність вівса з підсівом багаторічних трав зростала на 18 ц/га, тоді як кормові коренеплоди й однорічні трави показували приріст до 110 ц/га. Подібні дослідження підтверджують, що раціональна сівозміна в системі органічного рослинництва є засобом не лише підтримання врожайності, а й відновлення деградованих ґрунтів.

Передпосівна обробка насіння біологічними препаратами та інокулянтами становить базовий технологічний прийом, що дає змогу заявити про органічний статус посіву ще на старті вегетації. Нині арсенал біопрепаратів, дозволених до застосування в органічному виробництві відповідно до європейських стандартів, охоплює азотофіксуючі бактерії (*Bradyrhizobium*, *Rhizobium*, *Azotobacter*), фосфатмобілізуювальні штами (*Polymyxobacterium*, *Pseudomonas*), мікроскопічні гриби-антагоністи (*Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viride*), везикулярно-арбускулярні мікоризоутворювальні препарати, а також комплексні бактеріально-грибові формуляції на кшталт Біокомплекс-БТУ, Органік-Баланс, Біонеостим, Вермистим Д, Гумат калію [2; 3; 10]. Принципом ефективного підбору біопрепаратів є врахування культурологічної специфіки рослин, фази

розвитку, ґрунтово-кліматичних умов і характеру взаємодії штаму мікроорганізмів із ризосферою конкретної культури [9, с. 132].

Експериментально встановлено, що передпосівна обробка насіння гречки біопрепаратом Гумат калію забезпечує суттєвий приріст урожайності за рахунок поліпшення морфологічних показників і структури врожаю, причому найвищу ефективність демонструє комбіноване застосування – поєднання передпосівної обробки з обприскуванням рослин у період вегетації. Так, у сорту Син-3/02 урожайність за комбінованої схеми сягала 2,30 т/га, що становило приріст 21,7 % до контролю, а навіть у сорту з найнижчою генетичною продуктивністю – Ярославна – Гумат калію забезпечив зростання врожайності з 1,56 до 1,90 т/га [3].

Для проса посівного М. М. Федорченко та Л. М. Карпук встановили, що передпосівна обробка насіння біопрепаратами підвищує чисту продуктивність фотосинтезу до рівня 4,03–4,05 г/м<sup>2</sup> на добу у сорту Біла Альтанка та до 4,28 г/м<sup>2</sup> на добу у сорту Омріяне порівняно з контрольними варіантами. Накопичення сухої речовини у фазі викидання волоті за комплексного застосування Біокомплексу-БТУ та Органік-Балансу зростало на 15 % порівняно з контролем, а максимальні значення,

отримані за комплексної обробки, становили 6,60 т/га у сорту Біла Альтанка проти 5,60 т/га у контрольному варіанті [10]. Фотосинтетична продуктивність посівів у системі органічного виробництва безпосередньо корелює з продуктивністю агроценозу, що робить біологічну стимуляцію стартових процесів критично важливою.

Аналогічну закономірність продемонстровано на прикладі сої у Правобережному Лісостепу. У дослідженнях А. А. Коробка передпосівна обробка насіння біоінокулянтном Різолан-р у поєднанні з біопротектором Різосейв та подвійні позакореневі підживлення біопрепаратом Органік-баланс і регулятором росту Азотофіт-р разом із хелатними мікродобривами Хелпрост соя і Хелпрост бор позитивно впливали на фотосинтетичний потенціал, площу листової поверхні та тривалість вегетаційного періоду. У сорту Самородок фотосинтетичний потенціал у фазі бутонізації збільшився на 56,2 %, у фазі цвітіння – на 41,9 %, у фазі наливу насіння – на 62 % порівняно з контролем, а тривалість вегетаційного періоду подовжилася з 97 до 107 діб [4, с. 12–13]. У роботі А. В. Голодної та співавторів окремо зафіксовано, що оброблення насіння сої та коригування системи удобрення спільно зі сприятливими метеорологічними умовами сезону формують основний внесок у її врожайність [1].

Узагальнення результатів передпосівної обробки насіння біопрепаратами для основних культур органічного рослинництва Лісостепу України представлено в таблиці 2.

Класифікація біопрепаратів, що застосовуються в органічному рослинництві, базується на функціональному принципі. О. П. Ткачук та А. Т. Мізерій виокремлюють чотири провідні групи: біодобрива, що поліпшують азотне та фосфорне живлення рослин і обмежують потребу в традиційних добривах; біопестициди, спрямовані на захист посівів і насаджень від комплексу грибово-бактеріальних хвороб; антистресанти, які підвищують стійкість рослин до несприятливих абіотичних чинників (посуха, заморозки, токсикологічне навантаження); а також комплексні препарати, що поєднують одночасно кілька напрямів позитивного впливу [9, с. 132–133]. У межах органічного зернового виробництва найчастіше застосовуються мікробні препарати на основі азотофіксуючих бактерій (Гаупсин, Ризоактив, Біонеостим, Поліміксобактерин), фосфатмобілізуючих штамів та грибів-антагоністів роду *Trichoderma*, ефективність яких підтверджена як на культурах ризосферного типу, так і на бобових сидератах [2].

Окрему ланку у системі органічного рослинництва формують вермикомпостування, біогумус та інші нетрадиційні органічні добрива. Біодеградація органічних побутових і виробничих відходів за допомогою *Lumbricus terrestris* та *Eisenia foetida* забезпечує отримання вермикомпосту з вмістом гумусу понад 10 %, що дозволяє відновлювати потенційну родючість деградованих ґрунтів і стає важливим джерелом органічної речовини у польових дослідках. Сидеральні культури – гірчиця біла, редька олійна, фацелія, вика, люпин – у процесі вирощування накопичують значну надземну біомасу: за даними польових випробувань, заорювання

редьки олійної у зоні Лісостепу за врожайності зеленої маси 30–40 т/га забезпечує надходження у ґрунт  $N_{75-120}$ ,  $P_{20-30}$ ,  $K_{50-70}$ , що частково компенсує відсутність синтетичних азотних добрив та стимулює мікробіологічну активність орного шару.

Ефективність переходу до органічного виробництва пшениці спелти озимої у Правобережному Лісостепу досліджено в ННЦ «Інститут землеробства НААН». Удосконалена технологія, що базується на оптимізації строків сівби, норм висіву та комплексному біологізованому захисті посівів, дозволила сформувати стабільні показники врожайності та якості зерна за умов органічної системи землеробства. Результати свідчать, що органічне зернове виробництво є реалістичним напрямом саме для нішевих культур з підвищеною стійкістю до хвороб і шкідників, до яких належить спельта, полба, просо, гречка, нут, що відповідає глобальним тенденціям нарощування ринку органічної рослинної сировини [10].

Економічні показники галузі також демонструють потенціал росту. За даними галузевих оглядів, у 2024 р. в Україні функціонувало 436 операторів, сертифікованих за стандартами ЄС та США (NOP), а основними експортними позиціями традиційно залишаються кукурудза, соя, макуха соняшникова, пшениця, ріпак, заморожена чорниця, концентрований яблучний сік, олія соняшникова. Основними імпортерами української органічної продукції у 2023 році були Нідерланди, Австрія, Німеччина, Швейцарія, Італія, Польща, Чеська Республіка, Молдова, Франція та Ізраїль [5]. Світовий ринок органічної продукції за оцінками FiBL у 2025 р. сягнув близько 559 млрд доларів США із прогнозованим середньорічним темпом приросту 13–15 % у наступні роки, що формує сприятливий зовнішній попит на українську органічну сировину рослинного походження [10].

До системних проблем подальшого розвитку органічного рослинництва в Україні належать: відсутність розгалуженої державної підтримки виробників (зокрема компенсації витрат на сертифікацію та підтримки під час перехідного періоду); ризик подальшого скорочення площ через військові дії та руйнування інфраструктури; необхідність створення оновленої національної бази дозволених допоміжних продуктів відповідно до Регламенту (ЄС) № 2018/848; недостатня насиченість ринку вітчизняними біологічними препаратами та інокулянтами, що змушує орієнтуватися на імпортовані формуляції; обмежений доступ дрібних і середніх виробників до знань про сучасні агротехнологічні рішення. Подолання зазначених обмежень вимагає узгодженої політики держави, наукових установ і галузевих об'єднань у напрямі формування цілісної системи підтримки органічного сектору як стратегічного елемента післявоєнної відбудови аграрної економіки [6, с. 95–96; 7; 11, с. 197].

**Висновки.** Узагальнення наукових і статистичних даних дозволяє констатувати, що органічне рослинництво в Україні зберігає статус стратегічного напрямку розвитку аграрного сектору, попри помітне скорочення площ сертифікованих угідь з 471,2 тис. га у 2023 р. до 349,3 тис. га у 2024 р., спричинене переважно

військовими діями, мінуванням та логістичними обмеженнями. Регіональна структура виробництва зміщується з півдня до центральних та західних областей України, що визначає нову географію розвитку галузі.

Основою стабільної продуктивності органічних агроценозів за відсутності синтетичних мінеральних добрив і пестицидів виступає науково обґрунтована багатопільна сівозмінна з обов'язковим включенням бобових культур, сидератів і багаторічних трав, доповнена внесенням органічних добрив, біогумусу та побічної продукції рослинництва. Зазначений підхід забезпечує не лише підтримання балансу гумусу і поживних речовин, а й відновлення деградованих ґрунтів, що особливо актуально для територій, постраждалих внаслідок бойових дій.

Передпосівна обробка насіння біологічними препаратами – азотофіксуючими бактеріями, фосфатомобілізувальними штамми, грибами-антагоністами та комплексними мікробно-гумусовими формуляціями – підтверджена як ключовий технологічний прийом, що дозволяє формувати високу врожайність органічних посівів. Експериментальні дані для гречки, проса, сої та інших культур у Правобережному Лісостепу засвідчують, що комбіноване застосування передпосівної обробки та позакоренових підживлень забезпечує приріст урожайності у межах 17–22 %, посилення фотосинтетичної активності та подовження продуктивного періоду вегетації.

Подальший розвиток органічного сектору України потребує комплексу інституційних кроків: остаточної гармонізації національного законодавства з Регламентом (ЄС) № 2018/848, формування державної підтримки виробників на етапі конверсії, розширення вітчизняної бази дозволених допоміжних продуктів і біологічних препаратів, а також системного впровадження освітніх та консультаційних програм для дрібних і середніх господарств. Перспективним напрямом подальших досліджень видається експериментальне обґрунтування технологічних схем органічного вирощування для нішевих культур з підвищеною стійкістю до хвороб – пшениці спельти, гречки, нуту, проса – та розробка регіонально адаптованих сівозмін для зон, постраждалих унаслідок бойових дій.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Прокопенко К. О., Удова Л. О. Регулювання органічного сектору в Україні з позицій імплементації нового Регламенту ЄС. *Економіка України*. 2025. № 3 (760). С. 81–98. URL: <https://nasuperiodicals.org.ua/index.php/economyukr/article/download/2025-03-5/2025-03-5/31517> (дата звернення: 05.04.2026).
2. Regulation (EU) 2018/848 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on organic production and labelling of organic products and repealing Council Regulation (EC) No 834/2007. *Official Journal of the European Union*. L 150, 14.6.2018. P. 1–92. URL: <http://data.europa.eu/eli/reg/2018/848/oj> (date of access: 05.04.2026).
3. Федорченко М. М., Карпук Л. М. Особливості формування фотосинтетичних показників посівів проса за органічного виробництва у Правобережному Лісостепу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2024. Вип. 32. URL: <http://np.bio.gov.ua/article/download/324679/314752> (дата звернення: 05.04.2026).
4. Коробко А. А. Формування продуктивності сої залежно від передпосівної обробки насіння та позакоренових підживлень в умовах Правобережного Лісостепу: дис. ... д-ра філософії: 201 – Агрономія. Вінниця: Вінницький національний аграрний університет. 2025. URL: <https://vsau.org/assets/images/general/nauka/razovi-radu/dysertatsiia-Korobko-AA.pdf> (дата звернення: 05.04.2026).
5. Хлістунова М. О., Якушевська М. В. Правове регулювання органічного виробництва в контексті Європейського зеленого курсу: виклики для України. *Аналітично-порівняльне правознавство*. 2025. № 6. С. 192–198. URL: <https://app-journal.in.ua/wp-content/uploads/2025/12/31-1.pdf> (дата звернення: 05.04.2026).
6. Резніченко В. П., Коломієць Л. В., Стефанюк С. В. Органічне сільське господарство: виклики та перспективи розвитку. *Аграрні інновації*. 2024. № 23. URL: <http://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/article/view/565> (дата звернення: 05.04.2026).
7. Карпук Л. М., Федорченко Я. О. Особливості формування продуктивності гречки за органічного виробництва. *Новітні агротехнології*. 2025. Т. 13, № 3. DOI: <https://doi.org/10.47414/na.13.3.2025.348877>. URL: <http://jna.bio.gov.ua/article/view/348877> (дата звернення: 05.04.2026).
8. Удосконалення технології вирощування пшениці спельти (озимої) за органічної системи землеробства у Правобережному Лісостепу. Київ: ННЦ «Інститут землеробства НААН», 2026. URL: [https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2026/02/a5\\_udoskonalena-tehnologiya-vyroshhuvannya-pshenytsi.pdf](https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2026/02/a5_udoskonalena-tehnologiya-vyroshhuvannya-pshenytsi.pdf) (дата звернення: 05.04.2026).
9. Карпенко В. П., Притуляк Р. М. Мікробіота ризосфери чини посівної за використання Біонеостиму і Вермистиму Д. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2025. № 2. URL: <https://journals.udau.cherkasy.ua/index.php/visnyk/article/view/568> (дата звернення: 05.04.2026).
10. Кчачук О. П., Мізерій А. Т. Принципи підбору біопрепаратів у плодівих садах органічного виробництва. *Аграрні інновації*. 2023. № 17. С. 130–135. URL: <https://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/article/view/372> (дата звернення: 05.04.2026).
11. Голодна А. В., Грицюк Я. В., Буслаєва Н. Г., Столяр О. О. Вплив удобрення, оброблення насіння та метеорологічних умов на урожайність сої в Правобережному Лісостепу. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2024. Вип. 2 (12). URL: [https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2025/03/zemlerobstvo-№\\_2-2024.pdf](https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2025/03/zemlerobstvo-№_2-2024.pdf) (дата звернення: 05.04.2026).
12. Органічне виробництво в Україні: офіційна інформація Міністерства аграрної політики та продовольства України. URL: <https://minagro.gov.ua/napryamki/organichne-virobnictvo/organichne-virobnictvo-v-ukrayini> (дата звернення: 05.04.2026).
13. Ринок органічної продукції в Україні: виробництво та споживання всередині країни. *АгроЕліта: всеукраїнський аграрний журнал*. 2025. URL: <https://>



agroelita.info/rynok-orhanichnoi-produktsii-v-ukraini-vyrobnytstvo-ta-spozhyvannia-vseredyni-krainy/ (дата звернення: 05.04.2026).

## REFERENCES:

1. Prokopenko, K. O., & Udova, L. O. (2025). Rehuliuвання orhanichnoho sektoru v Ukraini z pozytsii implementatsii novoho Rehlamentu YeS [Regulation of the organic sector in Ukraine from the perspective of implementing the new EU Regulation]. *Ekonomika Ukrainy*, 3 (760), 81–98. Retrieved from <https://nasu-periodicals.org.ua/index.php/economyukr/article/download/2025-03-5/2025-03-5/31517> [in Ukrainian].
2. Regulation (EU) 2018/848 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on organic production and labelling of organic products and repealing Council Regulation (EC) No 834/2007. (2018). *Official Journal of the European Union*, L 150, 1–92. Retrieved from <http://data.europa.eu/eli/reg/2018/848/oj>
3. Fedorchenko, M. M., & Karpuk, L. M. (2024). Osoblyvosti formuvannia fotosyntetychnykh pokaznykiv posiviv prosa za orhanichnoho vyrobnytstva u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Peculiarities of formation of photosynthetic indicators of millet crops under organic production in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Naukovi pratsi Instytutu bioenergetychnykh kultur i tsukrovyykh buriakiv*, 32. Retrieved from <http://np.bio.gov.ua/article/download/324679/314752> [in Ukrainian].
4. Korobko, A. A. (2025). *Formuvannia produktyvnosti soi zalezno vid peredposivnoi obrobky nasinnia ta pozakorennykh pidzhyven v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu* [Formation of soybean productivity depending on pre-sowing seed treatment and foliar feeding in the Right-Bank Forest-Steppe] (PhD dissertation). Vinnytsia National Agrarian University. Retrieved from <https://vsau.org/assets/images/general/nauka/razovi-radu/dysertatsiia-Korobko-AA.pdf> [in Ukrainian].
5. Khlistunova, M. O., & Yakushevska, M. V. (2025). Pravove rehuliuвання orhanichnoho vyrobnytstva v konteksti Yevropeiskoho zelenoho kursu: vyklyky dlia Ukrainy [Legal regulation of organic production in the context of the European Green Deal: challenges for Ukraine]. *Analitichno-porivnialne pravoznavstvo*, 6, 192–198. Retrieved from <https://app-journal.in.ua/wp-content/uploads/2025/12/31-1.pdf> [in Ukrainian].
6. Reznichenko, V. P., Kolomiets, L. V., & Stefaniuk, S. V. (2024). Orhanichne silske hospodarstvo: vyklyky ta perspektyvy rozvytku [Organic agriculture: challenges and prospects of development]. *Ahrarni innovatsii*, 23. Retrieved from <http://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/article/view/565> [in Ukrainian].
7. Karpuk, L. M., & Fedorchenko, Ya. O. (2025). Osoblyvosti formuvannia produktyvnosti hrechky za orhanichnoho vyrobnytstva [Peculiarities of buckwheat productivity formation under organic production]. *Novitni ahrotekhnologii*, 13 (3). <https://doi.org/10.47414/na.13.3.2025.348877> [in Ukrainian].
8. National Scientific Centre Institute of Agriculture of NAAS. (2026). *Udoskonalennia tekhnologii vyroshchuvannia pshenytsi spelty (ozymoi) za orhanichnoi systemy zemlerobstva u Pravoberezhnomu Lisostepu* [Improvement of the technology of growing spelt wheat (winter) under the organic farming system in the Right-Bank Forest-Steppe]. Kyiv. Retrieved from [https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2026/02/a5\\_udoskonalena-tehnologiya-vyroshhuvannya-pshenytsi.pdf](https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2026/02/a5_udoskonalena-tehnologiya-vyroshhuvannya-pshenytsi.pdf) [in Ukrainian].
9. Karpenko, V. P., & Prytuliak, R. M. (2025). Mikrobiota ryzosfery chyny posivnoi za vykorystannia Bioneostymu i Vermystymu D [Rhizosphere microbiota of grass pea using Bioneostym and Vermistim D]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 2. Retrieved from <https://journals.udau.cherkasy.ua/index.php/visnyk/article/view/568> [in Ukrainian].
10. Tkachuk, O. P., & Mizerii, A. T. (2023). Pryntsypy pidboru biopreparativ u plodovyykh sadakh orhanichnoho vyrobnytstva [Principles of selection of biopreparations in fruit orchards of organic production]. *Ahrarni innovatsii*, 17, 130–135. Retrieved from <https://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/article/view/372> [in Ukrainian].
11. Holodna, A. V., Hrytsiuk, Ya. V., Buslaieva, N. H., & Stoliar, O. O. (2024). Vplyv udobrennia, obroblennia nasinnia ta meteorolohichnykh umov na urozhainist soi v Pravoberezhnomu Lisostepu [Influence of fertilization, seed treatment and meteorological conditions on soybean yield in the Right-Bank Forest-Steppe]. *Zemlerobstvo ta roslynnytstvo: teoriia i praktyka*, 2 (12). Retrieved from <https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2025/03/zemlerobstvo-Nr-2-2024.pdf> [in Ukrainian].
12. Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. (n.d.). *Orhanichne vyrobnytstvo v Ukraini* [Organic production in Ukraine]. Retrieved from <https://minagro.gov.ua/napryamki/organichne-virobnictvo/organichne-virobnictvo-v-ukrayini> [in Ukrainian].
13. *Rynok orhanichnoi produktsii v Ukraini: vyrobnytstvo ta spozhyvannia vseredyni krainy* [The market of organic products in Ukraine: domestic production and consumption]. (2025). *AhroElita*. Retrieved from <https://agroelita.info/rynok-orhanichnoi-produktsii-v-ukraini-vyrobnytstvo-ta-spozhyvannia-vseredyni-krainy/> [in Ukrainian].

#### Заїка В.К., Сімчук А.П., Дмитрик П.М., Гусак В.В. Особливості виробництва органічної продукції рослинництва

Мета. Узагальнити особливості виробництва органічної продукції рослинництва в Україні з акцентом на сучасні агротехнологічні рішення – сівозмину, передпосівну обробку насіння біологічними препаратами та біологізоване мінеральне живлення – а також систематизувати статистичні дані щодо динаміки сертифікованих площ і кількості операторів органічного ринку у 2019–2024 рр.

Методи. Застосовано аналітико-синтетичний, порівняльно-зіставний, статистичний та системно-структурний методи опрацювання вітчизняних і європейських джерел, нормативно-правових актів, експериментальних даних, опублікованих у фахових українських наукових виданнях упродовж 2023–2026 рр. Здійснено узагальнення показників урожайності культур органічного рослинництва за різних схем застосування біопрепаратів.

Результати. Установлено, що площа сільськогосподарських угідь під органічним виробництвом у 2024 р. скоротилася до 349,3 тис. га проти 471,2 тис. га у 2023 р., а кількість операторів органічного ринку зменшилася до 436. Регіональна структура виробництва



зміщується з півдня до центральних і західних областей. Передпосівна обробка насіння біологічними препаратами разом із позакореневими підживленнями забезпечує приріст урожайності гречки до 21,7 %, проса – 17,9 %, а у сої формує суттєве зростання фотосинтетичного потенціалу та продовжує вегетаційний період. Сівозміна з обов'язковою часткою бобових культур і сидератів є базовою умовою стабільної продуктивності органічних агроценозів.

Висновки. Подальший розвиток органічного рослинництва в Україні потребує гармонізації національного законодавства з Регламентом (ЄС) № 2018/848, державної підтримки на етапі конверсії, розширення вітчизняної бази біологічних препаратів та системного впровадження освітніх програм для виробників. Перспективним напрямом є розробка регіонально адаптованих сівозмін і технологічних схем для нішевих культур з підвищеною стійкістю до біотичних і абіотичних чинників.

**Ключові слова:** органічне виробництво, органічне рослинництво, біологічні препарати, обробка насіння, позакореневе підживлення, нішеві культури, гречка, урожайність.

**Zaika V.K., Simchuk A.P., Dmytryk P.M., Husak V.V.**  
**Peculiarities of production of organic crop products**

**Purpose.** To generalise the peculiarities of organic crop production in Ukraine with a focus on modern agro-technological solutions, including crop rotation, pre-sowing seed treatment with biological preparations and biologised mineral nutrition, and to systematise statistical data on the dynamics of certified areas and the number of operators of the organic market in 2019–2024.

**Methods.** Analytical and synthetic, comparative, statistical and system-structural methods were applied to process Ukrainian and European sources, normative legal acts and experimental data published in professional Ukrainian scientific journals during 2023–2026. Yield indicators of crops of organic crop production under different schemes of bio-preparation application were generalised.

**Results.** It was established that the area of agricultural lands under organic production in 2024 decreased to 349.3 thousand hectares compared to 471.2 thousand hectares in 2023, while the number of organic market operators reduced to 436. The regional structure of production is shifting from the south to the central and western regions. Pre-sowing seed treatment with biological preparations combined with foliar feeding provides a yield increase for buckwheat of up to 21.7 %, for millet up to 17.9 %, and for soybeans forms a significant increase in photosynthetic potential and prolongs the growing season. Crop rotation with a mandatory share of legumes and green manure crops is a basic condition for stable productivity of organic agrocenoses.

**Conclusions.** Further development of organic crop production in Ukraine requires harmonisation of national legislation with Regulation (EU) 2018/848, state support during the conversion stage, expansion of the domestic base of biological preparations and systematic introduction of educational programs for producers. A promising direction is the development of regionally adapted crop rotations and technological schemes for niche crops with increased resistance to biotic and abiotic factors.

**Key words:** organic production, organic products, biological preparations, seed treatment, foliar fertilization, niche crops, buckwheat, yield.

Дата першого надходження статті до видання: 27.04.2026  
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026  
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

УДК 633.15:631.8:631.559:631.811:631.847  
DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.36.20>

## БІОЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ МІНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ

ІВАЩУК В.П. – аспірант

[orcid.org/0009-0001-5890-6230](https://orcid.org/0009-0001-5890-6230)

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

**Постановка проблеми.** У сучасних умовах розвитку аграрного виробництва особливої актуальності набуває питання підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур. Кукурудза на зерно є однією з провідних культур в Україні, що характеризується високим потенціалом урожайності та значною енергетичною цінністю продукції [1, 14]. Водночас її вирощування супроводжується значними витратами матеріально-технічних ресурсів, що обумовлює необхідність оптимізації технологічних заходів з урахуванням енергетичної доцільності [2].

Сучасні технології передбачають широке застосування мінеральних добрив та стимуляторів росту, які суттєво впливають на формування врожаю. Однак поряд із зростанням урожайності відбувається і збільшення сукупних енерговитрат, що потребує комплексної оцінки співвідношення між вкладеною та отриманою енергією. Як свідчать результати досліджень, підвищення рівня мінерального живлення і використання стимуляторів росту можуть як покращувати енергетичну віддачу, так і збільшувати енергоємність продукції залежно від умов застосування [3].

Недостатня вивченість біоенергетичної ефективності різних поєднань систем удобрення та регуляторів росту в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах, зокрема в зоні Західного Лісостепу України, зумовлює необхідність проведення поглиблених досліджень у цьому напрямі. Встановлення оптимальних варіантів технології, які забезпечують максимальний вихід енергії з урожаєм при мінімальних витратах, є важливим завданням сучасного землеробства [4].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання енергетичної ефективності в рослинництві широко висвітлюється в працях вітчизняних і зарубіжних учених. Зокрема, Egli D.B., Пиляк В.І. та Нікіпелова О.М. зазначають, що оцінка співвідношення між енергією, акумульованою в урожаї, та сукупними енерговитратами на його формування є об'єктивним критерієм ефективності технологій вирощування сільськогосподарських культур. Автори підкреслюють, що в рослинництві на одиницю витраченої енергії може припадати від 2 до 7 і більше одиниць енергії, накопиченої в продукції [5, 6].

За даними П. І. Іваненка та О. К. Медведовського, енергетичний аналіз агротехнологій дозволяє визначити

не лише їх продуктивність, а й рівень ресурсозбереження, що є особливо актуальним у сучасних умовах зростання вартості енергоносіїв [7]. Вчені наголошують, що ефективність технологій значною мірою залежить від оптимізації витрат енергії на кожному етапі виробництва.

Дослідження С.М. Каленської, Ю.О. Тараріко та інших науковців свідчать, що система удобрення є одним із визначальних факторів формування врожайності та енергетичної ефективності культур. Автори зазначають, що збалансоване мінеральне живлення сприяє підвищенню продуктивності, однак надмірне внесення добрив призводить до зростання енерговитрат і зниження енергетичного коефіцієнта [8, 9].

У роботах сучасних дослідників також підкреслюється значення застосування стимуляторів росту. Зокрема, встановлено, що регулятори росту здатні активізувати фізіолого-біохімічні процеси в рослинах, підвищувати ефективність використання поживних речовин та сприяти формуванню більшого врожаю. Разом із тим, як зазначають науковці, їх ефективність значною мірою залежить від рівня мінерального живлення та умов вирощування культури [10].

За результатами досліджень, проведених у різних ґрунтово-кліматичних зонах, встановлено, що біоенергетична оцінка дозволяє комплексно оцінити ефективність технологій вирощування, враховуючи як витрати енергії, так і її накопичення в урожаї. Такий підхід дає можливість визначити найбільш раціональні технологічні рішення з позицій енергозбереження та економічної доцільності [11].

Разом з тим аналіз наукових публікацій свідчить, що питання оптимального поєднання систем мінерального удобрення та застосування стимуляторів росту при вирощуванні кукурудзи на зерно в умовах Західного Лісостепу України вивчене недостатньо. Це зумовлює необхідність подальших досліджень у даному напрямі [12].

**Мета** дослідження полягала у визначенні біоенергетичної ефективності вирощування кукурудзи на зерно залежно від різних систем мінерального удобрення та застосування стимуляторів росту, а також встановленні оптимального поєднання елементів технології, що забезпечує підвищення урожайності, зниження енергетичних витрат і максимальну енергетичну віддачу агроценозу.



**Матеріали та методика досліджень.** Польові та лабораторні дослідження проводилися впродовж 2023-2025 рр. на полях ТОВ «НВА «Перлина Поділля», яке розташоване у Лісостеповій зоні. Ґрунти дослідного поля – опідзолені чорноземи з високим природним вмістом гумусу та поживних елементів, що забезпечує їхню високу потенційну родючість.

Посівна площа елементарної ділянки складала 50 м<sup>2</sup>, облікової – 48 м<sup>2</sup>. Попередник – соя. Гібриди кукурудзи висівали зерновою сівалкою, шириною міжрядь 70 см, з глибиною загортання насіння 5-6 см. Норма висіву – 70 тис/га схожих насінин.

Енергетична оцінка проведена розрахунковим способом на основі балансу надходження, накопичення та витрат валової енергії з використанням методик О. К. Медведовського і П. І. Іваненка [6].

З метою встановлення енергетичної ефективності технології вирощування кукурудзи на зерно використовували такі показники: урожайність, витрати енергії на вирощування продукції, прихід енергії з урожаєм, приріст енергії, енергетичний коефіцієнт та енергоємність одержаної продукції. Енергоємність урожаю зерна кукурудзи приймали в перерахунку на суху речовину – 17,6 МДж на 1 кг сухої речовини зерна [13].

Для проведення енергетичного аналізу технології вирощування гібридів кукурудзи на зерно по кожному варіанту досліду, було складено технологічну карту із перерахунком виробничих витрат в енергетичні показники, використовуючи енергетичні еквіваленти для кожного виду робіт.

Проведення енергетичної оцінки ефективності вирощування гібридів кукурудзи на зерно дало змогу визначити співвідношення між кількістю енергії акумульованої з урожаєм та кількістю енергії вкладеної у виробництво.

**Результати досліджень.** За результатами енергетичної оцінки варіантів польового досліду встановлено, що рівень мінерального живлення та застосування стимуляторів росту суттєво впливали на формування як урожайності, так і основних показників біоенергетичної ефективності вирощування кукурудзи на зерно. Аналіз даних таблиці свідчить про чітку тенденцію до підвищення всіх енергетичних показників із зростанням рівня інтенсифікації технології.

Найменші показники урожайності в межах 10,12–10,67 т/га, приходу енергії 153176,3–161501,1 МДж/га та енергетичного коефіцієнта 2,64–2,66 зафіксовано у варіантах із базовим фоном живлення: Поліфоска 8:24:24 без або з одноразовим застосуванням стимуляторів росту. Це свідчить про недостатній рівень забезпечення рослин поживними речовинами для реалізації їх потенціалу продуктивності.

Внесення додаткових доз азотного живлення у вигляді КАС 150 кг/га сприяло істотному зростанню врожайності зерна до 11,16–12,10 т/га у гібриду Піонер 8834 та до 11,53–12,41 т/га у гібриду Олтенію. Водночас спостерігалось підвищення приходу енергії до 168917,8–183145,6 МДж/га та збільшення приросту енергії до 106360,8–121658,1 МДж/га. Енергетичний коефіцієнт при цьому зростав до 2,70–2,84, що свідчить про підвищення ефективності використання вкладених ресурсів (табл. 1).

Таблиця 1

**Енергетична ефективність технології вирощування зерна гібридів кукурудзи за різних систем мінерального живлення та стимуляторів росту (в середньому за 2023–2025 рр.)**

| Гібрид      | Мінеральне живлення     | Стимулятори росту | Урожайність, т/га | Енергетичні показники               |                             |                         |                             |                                |
|-------------|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
|             |                         |                   |                   | прихід енергії з урожаєм, МДж/г, Еп | витрати енергії, МДж/га, Ес | приріст енергії, МДж/га | енергетичний коефіцієнт, Ке | енергоємність продукції, МДж/т |
| Піонер 8834 | Поліфоска 8:24:24 (фон) | контроль          | 10,12             | 153176,3                            | 57932,31                    | 95243,99                | 2,64                        | 5724,54                        |
|             |                         | Sterk BIO         | 10,51             | 159079,4                            | 59408,95                    | 99670,45                | 2,68                        | 5652,61                        |
|             |                         | AMINO             | 10,67             | 161501,1                            | 60803,78                    | 100697,3                | 2,66                        | 5698,57                        |
|             | Фон + КАС 150 кг/га     | контроль          | 11,16             | 168917,8                            | 62557,04                    | 106360,8                | 2,70                        | 5605,47                        |
|             |                         | Sterk BIO         | 11,98             | 181329,3                            | 65209,28                    | 116120                  | 2,78                        | 5443,18                        |
|             |                         | AMINO             | 12,10             | 183145,6                            | 65332,16                    | 117813,4                | 2,80                        | 5399,35                        |
|             | Фон + КАС 300 кг/га     | контроль          | 11,90             | 188496,0                            | 66536,09                    | 121959,9                | 2,83                        | 5591,27                        |
|             |                         | Sterk BIO         | 12,12             | 191980,8                            | 67547,96                    | 124432,8                | 2,84                        | 5573,26                        |
|             |                         | AMINO             | 12,32             | 195148,8                            | 67889,55                    | 127259,3                | 2,87                        | 5510,52                        |
| ОЛТЕНІЮ     | Фон – Поліфоска 8:24:24 | контроль          | 10,86             | 164377,0                            | 59955,43                    | 104421,6                | 2,74                        | 5520,75                        |
|             |                         | Sterk BIO         | 11,46             | 173458,6                            | 62006,20                    | 111452,4                | 2,79                        | 5410,66                        |
|             |                         | AMINO             | 11,63             | 176031,7                            | 62265,77                    | 113765,9                | 2,83                        | 5353,89                        |
|             | Фон + КАС 150 кг/га     | контроль          | 11,53             | 174518,1                            | 63568,60                    | 110949,5                | 2,74                        | 5513,32                        |
|             |                         | Sterk BIO         | 12,25             | 185416,0                            | 65947,45                    | 119468,6                | 2,81                        | 5383,46                        |
|             |                         | AMINO             | 12,41             | 187837,8                            | 66179,68                    | 121658,1                | 2,84                        | 5332,77                        |
|             | Фон + КАС 300 кг/га     | контроль          | 12,63             | 200059,2                            | 68531,88                    | 131527,3                | 2,91                        | 5426,11                        |
|             |                         | Sterk BIO         | 12,83             | 203227,2                            | 69489,07                    | 133738,1                | 2,92                        | 5416,14                        |
|             |                         | AMINO             | 12,98             | 205603,2                            | 69693,96                    | 135909,2                | 2,95                        | 5369,33                        |

Найвищі показники енергетичної ефективності отримано за внесення КАС у нормі 300 кг/га у поєднанні із застосуванням стимуляторів росту. Зокрема, у гібриду Олтенію за використання стимулятора AMINO зафіксовано максимальну урожайність – 12,98 т/га, прихід енергії – 205603,2 МДж/га, приріст енергії – 135909,2 МДж/га та енергетичний коефіцієнт – 2,95. Аналогічна тенденція спостерігалася і у гібриду Піонер 8834, де максимальні значення становили відповідно 12,32 т/га, 195148,8 МДж/га та 2,87.

Витрати енергії на вирощування культури зростали від 57932,31 до 69693,96 МДж/га залежно від варіанту дослідження. Це пояснюється збільшенням енерговитрат на внесення добрив, застосування стимуляторів росту, а також на збирання, транспортування та доробку більшого обсягу врожаю. Однак зростання витрат енергії було компенсоване більш інтенсивним накопиченням енергії в урожаю, що забезпечило підвищення загальної ефективності технології.

Показник енергоємності продукції мав тенденцію до зниження із підвищенням рівня інтенсифікації технології – з 5724,54 до 5369,33 МДж/т. Це свідчить про більш ефективне використання енергетичних ресурсів на формування одиниці продукції. Найгірші показники енергоємності до 5724,54 МДж/т спостерігалися у варіантах без застосування стимуляторів росту, що підтверджує їх важливу роль у підвищенні ефективності агротехнологій.

При проведенні розрахунків було доведено, що енерговитратні коливання напряму залежать від статей витрат сукупної енергії.

Структура енерговитрат при вирощуванні зерна кукурудзи гібриду Олтенію показала, що максимальні витрати енергії, припадають на основні засоби виробництва (машини, обладнання) – 62 %.

Наступні показники витрат енергії становлять: 23% – енерговитрати уречевлені у насінні, мінеральних та органічних добривах, засобах захисту, стимуляторах росту рослин, 12% – енерговитрати, уречевлені у паливно-мастильних матеріалах, електроенергії, 2% – енерговитрати живої праці та 1% – непрямі енергетичні витрати (сукупність витрат енергії управлінського та обслуговуючого персоналу, засобів на забезпечення діяльності вказаної категорії працівників, на обслуговування виробничої та соціальної інфраструктури) (рис. 1).

**Висновки.** Наведені результати досліджень дають можливість стверджувати, що показники енергетичної ефективності вирощування гібридів кукурудзи знаходяться в прямій залежності від рівня її урожайності. Слід відмітити, що із зростанням витрат сукупної енергії на вирощування зерна кукурудзи, зростав показник енергії, отриманої із урожаєм, оскільки застосування стимуляторів росту зумовило досить суттєве зростання рівня урожаю та накопичення в ньому енергії.

Таким чином можна стверджувати, що науково-обґрунтована система удобрення, та застосування

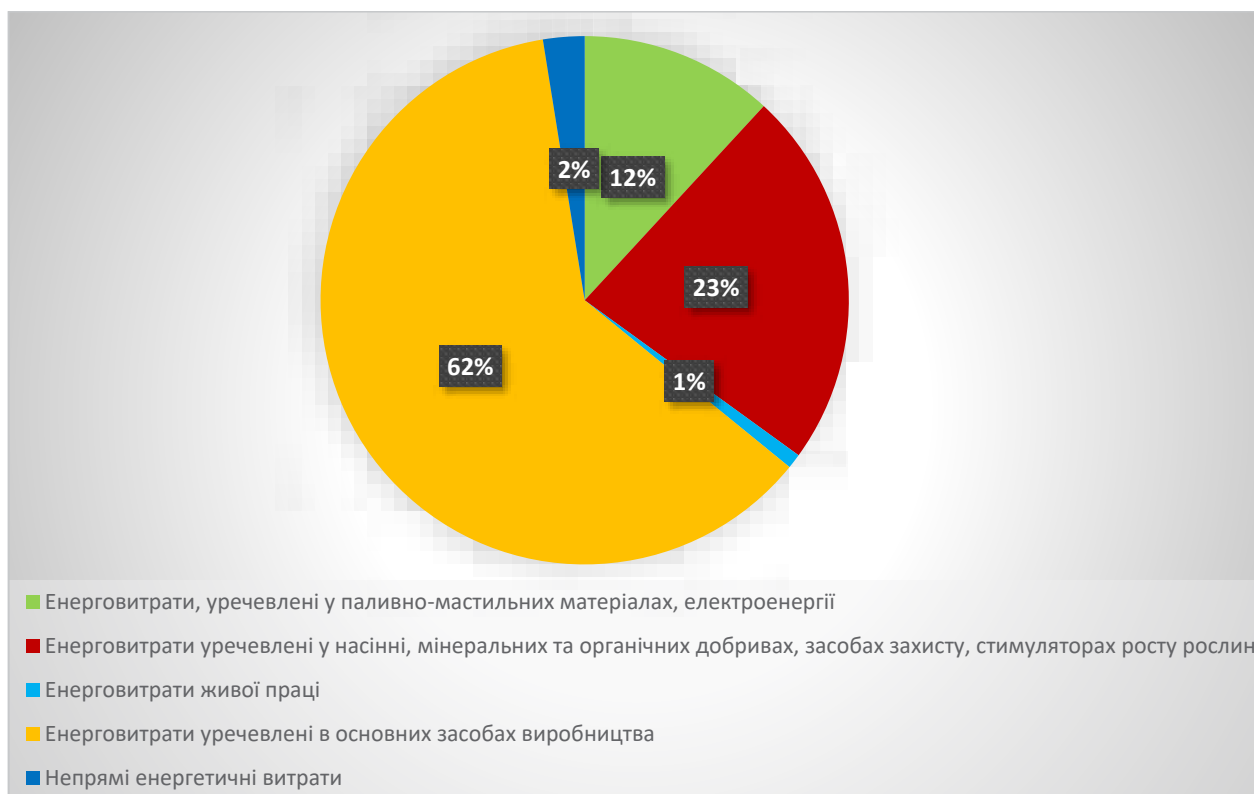


**Рис. 1.** Показники питомої ваги енерговитрат технологічного процесу при вирощуванні зерна гібридів кукурудзи за різних систем мінерального живлення та стимуляторів росту (в середньому за 2023–2025 рр.)

стимуляторів росту для обробки посіву, обумовлюють позитивний вплив на формування ключових показників енергетичної ефективності виробництва зерна гібридів кукурудзи в умовах Західного Лісостепу України, що дає змогу отримувати енергоємність врожаю на рівні 5369 МДж/т та коефіцієнт енергетичної ефективності – 2,95, залежно від гібриду.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Булигін С.Ю., Вітвіцький С.В., Тонха О.Л., Ткаченко М.А. Енергетична ефективність вирощування сільськогосподарських культур за різних систем удобрення сірого лісового ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2024. Том 102 № 5. С. 5–14. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202405-01>.
2. Пиляк В.І., Нікіпелова О.М. Біоенергетична ефективність вирощування кукурудзи на зерно з використанням нових біодобрих на основі осадів стічних вод. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 119. С. 56–61. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.119.8>.
3. Медведовський О.К., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ: Урожай, 1988. 208 с.
4. Шкатула Ю.М., Забарна Т.А., Остапчук Р.В. Сучасний стан виробництва кукурудзи в Україні. *Таврійський науковий вісник*. 2024. Ч. 2 Вип. 139. С. 182–189. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.2.22>.
5. Калініченко О.В. Теоретичні засади визначення сутності категорій «енергетичний ефект» та «енергетичний ефект в рослинництві». *Вісник соціально-економічних досліджень*. 2019. № 1 (69). С. 40–47. [https://doi.org/10.33987/vsed.1\(69\).2019.40-47](https://doi.org/10.33987/vsed.1(69).2019.40-47).
6. Каленська С.М., Єрмакова Л.М., Свистунов Ю.В., Антал Т.В. Енергетична ефективність застосування різних норм мінеральних добрив та регуляторів росту рослин за вирощування кукурудзи в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Агробіологія*. 2025. № 1. С. 65–74. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2025-195-1-65-74>.
7. Сидякіна О.В., Іванів О.О. Сучасний стан і перспективи виробництва зерна кукурудзи. *Таврійський науковий вісник*. 2023. Вип. 130. С. 225–234. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.33>.
8. Тараріко Ю.О., Несмашна О.Ю., Бердніков О.М., Глущенко Л.Д., Личук Г.І. та ін. Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва (науково-методичне забезпечення). Київ: Аграрна наука, 2005. 200 с.
9. Ozkan B., Akcaoz H., Fert C. Energy input-output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy*. 2004. No. 29. Pp. 39–51. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(03\)00135-6](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(03)00135-6).
10. Rathke G.W., Diepenbrock W. Energy balance of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. *European Journal of Agronomy*. 2006. No. 24. Pp. 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.04.003>.
11. Canakci M., Topakci M., Akinci I., Ozmerzi A. Energy use pattern of some field crops and vegetable production: case study for Antalya region, Turkey. *Energy Conversion and Management*. 2005. No. 4. Vol. 46. Pp. 655–666. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2004.04.008>.
12. Egli D.B. Modelling the effect of variation of in-row spacing on kernel m<sup>-2</sup> in maize. *European Journal of Agronomy*. 2022. Vol. 136. 126486. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126486>.
13. Каленська С., Каштанова О., Каленський В., Говенко Р., Антал Т. Економічна та енергетична ефективність технологій вирощування гібридів кукурудзи залежно від виду та способів внесення добрив. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2022. Т. 13 № 1. С. 7–16. [https://doi.org/10.31548/agr.13\(1\).2022.7-16](https://doi.org/10.31548/agr.13(1).2022.7-16).
14. Integrated agronomic practice increases maize grain yield and nitrogen use efficiency under various soil fertility conditions / B. Zhou et al. *The Crop Journal*. 2019. Vol. 7. Issue 4. P. 527–538. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2018.12.05>.

#### REFERENCES:

1. Bulyhin, S. Yu., Vitvitskyi, S. V., Tonkha, O. L., Tkachenko, M. A. (2024). Enerhetychna efektyvnist vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur za riznykh system udobrennia siroho lisovoho gruntu [Energy efficiency of growing agricultural crops under different fertilization systems of gray forest soil], *Visnyk ahrarnoi nauky*, Vol. 102, No. 5, pp. 5–14. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202405-01> [in Ukrainian].
2. Pyliak, V., I., Nikipelova, O., M. (2021). Bioenerhetychna efektyvnist vyroshchuvannya kukurudzy na zerno z vykorystanniam novykh biodobryv na osnovi osadiv stichnykh vod [Bioenergetic efficiency of growing corn for grain using new biofertilizers based on sewage sludge]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, No. 119, pp. 56–61. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.119.8> [in Ukrainian].
3. Medvedovskyi, O. K., Ivanenko, P. I. (1988). Enerhetychnyi analiz intensyvykh tekhnolohii v silskohospodarskomu vyrobnytstvi [Energy analysis of intensive technologies in agricultural production], *Urozhai*, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian].
4. Shkatula, Yu. M., Zabarna, T. A., Ostapchuk, R. V. (2024). Suchasnyi stan vyrobnytstva kukurudzy v Ukraini [Current state of corn production in Ukraine], *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, Part 2, Issue 139, pp. 182–189. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.139.2.22> [in Ukrainian].
5. Kalinichenko, O. V. (2019). Teoretychni zasady vyznachennia sutnosti katehorii «enerhetychnyi efekt» ta «enerhetychnyi efekt v roslynnytstvi» [Theoretical foundations of defining the essence of the categories “energy effect” and “energy effect in crop production”], *Visnyk sotsialno-ekonomichnykh doslidzhen*, No. 1 (69), pp. 40–47. [https://doi.org/10.33987/vsed.1\(69\).2019.40-47](https://doi.org/10.33987/vsed.1(69).2019.40-47) [in Ukrainian].
6. Kalenska, S. M., Yermakova, L. M., Svystunov, Yu. V., Antal, T. V. (2025). Enerhetychna efektyvnist zastosuvannya riznykh norm mineralnykh dobrov ta rehulatoriv rostu roslyn za vyroshchuvannya kukurudzy v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Energy efficiency of application of different rates of mineral fertilizers and plant growth regulators in maize cultivation under conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine], *Ahrobiolohiia*, No. 1, pp. 65–74. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2025-195-1-65-74> [in Ukrainian].
7. Sydiakina O.V., Ivaniv O.O. (2023). Suchasnyi stan i perspektyvy vyrobnytstva zerna kukurudzy [Current state and prospects of maize grain production], *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, Issue 130, pp. 225–234. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.33> [in Ukrainian].

8. Tarariko, Yu. O., Nesmashna, O. Yu., Berdnikov, O. M., Hlushchenko, L. D., Lychuk H.I. et al. (2005). Bioenerhetychna otsinka silskohospodarskoho vyrobnytstva (naukovo-metodychne zabezpechenia) [Bioenergetic assessment of agricultural production (scientific and methodological support)], *Ahrarna nauka*, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian].
9. Ozkan, B., Akcaoz, H., Fert, C. (2004). Energy input-output analysis in Turkish agriculture, *Renewable Energy*, No. 29, pp. 39–51. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(03\)00135-6](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(03)00135-6)
10. Rathke, G.-W., Diepenbrock, W. (2006). Energy balance of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cropping as related to nitrogen supply and preceding crop, *European Journal of Agronomy*, No. 24, pp. 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.04.003>
11. Canakci M., Topakci M., Akinci I., Ozmerzi A. (2005). Energy use pattern of some field crops and vegetable production: case study for Antalya region, Turkey, *Energy Conversion and Management*, Vol. 46, No. 4, pp. 655–666. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2004.04.008>
12. Egli, D. B. (2022). Modelling the effect of variation of in-row spacing on kernel m<sup>2</sup> in maize, *European Journal of Agronomy*, Vol. 136, 126486. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126486>
13. Kalenska, S., Kashtanova, O., Kalenskyi, V., Hovenko, R., Antal, T. (2022). Ekonomichna ta enerhetychna efektyvnist tekhnologii vyroshchuvannia hibrivid kukurudzy zalezno vid vydu ta sposobiv vnesennia dobryv [Economic and energy efficiency of technologies for growing maize hybrids depending on the type and methods of fertilizer application], *Roslynnytstvo ta gruntoznavstvo*, Vol. 13, No. 1, pp. 7–16. [https://doi.org/10.31548/agr.13\(1\).2022.7-16](https://doi.org/10.31548/agr.13(1).2022.7-16) [in Ukrainian].
14. Zhou, B., Sun, X., Wang, D., Ding, Z., Li, C., Ma, W., Zhao, M. (2019). Integrated agronomic practice increases maize grain yield and nitrogen use efficiency under various soil fertility conditions, *The Crop Journal*, Vol. 7, Issue 4, pp. 527–538. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2018.12.05>

**Івашук В.П. Біоенергетична ефективність вирощування кукурудзи на зерно залежно від систем мінерального удобрення та застосування стимуляторів росту**

У статті наведено результати дослідження біоенергетичної ефективності вирощування кукурудзи на зерно залежно від систем мінерального удобрення та застосування стимуляторів росту в умовах Західного Лісостепу України. Актуальність роботи зумовлена необхідністю підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур та оптимізації співвідношення між витраченою та акумульованою енергією в урожаї.

**Метою** дослідження було встановлення впливу різних систем мінерального живлення (Поліфоска 8:24:24, КАС 150 і 300 кг/га) та стимуляторів росту (Стерк БІО, АМІНО) на формування урожайності, енергетичних показників та визначення найбільш ефективного варіанту технології вирощування гібридів кукурудзи.

**Методи** досліджень включали польові досліді (2023–2025 рр.) на чорноземах опідзолених із застосуванням розрахункового методу біоенергетичної оцінки.

**Результати досліджень** показали, що підвищення рівня мінерального живлення та застосування стимуляторів росту забезпечує зростання врожайності на 1,5–2,5 т/га порівняно з контролем. Найвищий показник урожайності 12,98 т/га, приходу енергії 205603,2 МДж/га, приросту енергії 135909,2 МДж/га та енергетичного коефіцієнта 2,95 отримано у гібриду Олтенію за внесення Поліфоска 8:24:24 + КАС 300 кг/га та дворової обробки стимулятором АМІНО. У гібриду Піонер 8834 максимальні показники становили відповідно 12,32 т/га, 195148,8 МДж/га та енергетичний коефіцієнт 2,87. Найнижчі значення урожайності зерна кукурудзи – 10,12 т/га, коефіцієнт 2,64 зафіксовано на варіантах без застосування стимуляторів росту.

Структура енерговитрат показала, що найбільша частка припадає на основні засоби виробництва – 62 %, тоді як на матеріальні ресурси (насіння, добрива, ЗЗР) – 23 %, паливно-енергетичні ресурси – 12 %, жива праця – 2 %, інші витрати – 1 %.

**Висновки.** Узагальнення результатів свідчить, що зростання витрат енергії супроводжується більш інтенсивним її накопиченням в урожаї, що забезпечує підвищення енергетичної ефективності. Найбільш ефективним є застосування комплексного мінерального живлення у поєднанні зі стимуляторами росту, що дозволяє досягти енергоємності продукції на рівні 5369 МДж/т та енергетичного коефіцієнта до 2,95. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації технологій вирощування кукурудзи та підвищення їх енергетичної та економічної ефективності.

**Ключові слова:** біоенергетична ефективність, мінеральне удобрення, стимулятори росту, урожайність, енерговитрати, енерговіддача, енергетичний коефіцієнт, енергоємність продукції, технологія вирощування.

#### **Ivashchuk V.P. Bioenergetic efficiency of maize grain cultivation depending on mineral fertilization systems and the use of growth stimulants**

The article presents the results of a study on the bioenergetic efficiency of maize grain cultivation depending on mineral fertilization systems and the use of growth stimulants under the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. The relevance of the study is обусловлена необхідністю підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур та оптимізації співвідношення між витраченою та акумульованою енергією в урожаї.

The aim of the research was to determine the influence of different mineral nutrition systems (Polifoska 8:24:24, UAN 150 and 300 kg/ha) and growth stimulants (Sterk BIO, AMINO) on yield formation, energy indicators, and to identify the most effective technological option for maize hybrid cultivation.

The research methods included field experiments conducted in 2023–2025 on podzolized chernozem soils using a calculated method of bioenergetic evaluation.

The results showed that increasing the level of mineral nutrition and the use of growth stimulants ensured an increase in yield by 1.5–2.5 t/ha compared to the control. The highest yield (12.98 t/ha), energy output (205,603.2 MJ/ha), energy gain (135,909.2 MJ/ha), and energy efficiency coefficient (2.95) were obtained for the Oltenio hybrid with the application of Polifoska 8:24:24 + UAN 300 kg/ha and double treatment with the AMINO growth stimulant. For the Pioneer 8834 hybrid, the maximum values

were 12.32 t/ha, 195,148.8 MJ/ha, and an energy efficiency coefficient of 2.87. The lowest values (yield 10.12 t/ha, coefficient 2.64) were recorded in variants without the use of growth stimulants.

The structure of energy costs showed that the largest share is attributed to fixed assets (62%), while material resources (seeds, fertilizers, plant protection products) account for 23%, fuel and energy resources – 12%, labor – 2%, and other costs – 1%.

**Conclusions.** The generalization of the results indicates that an increase in energy inputs is accompanied by a more intensive accumulation of energy in the yield,

which ensures an increase in energy efficiency. The most effective is the application of комплексного мінерального живлення у поєднанні зі стимуляторами росту, що дозволяє досягти енергоємності продукції на рівні 5369 МДж/т та енергетичного коефіцієнта до 2.95. The obtained results can be used to optimize maize cultivation technologies and improve their energy and economic efficiency.

**Key words:** bioenergetic efficiency, mineral fertilization, growth stimulants, yield, energy input, energy output, energy efficiency coefficient, energy intensity of production, cultivation technology.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026



## ВПЛИВ АГРОТЕХНІЧНИХ ПРИЙОМІВ НА БІОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ СОНЯШНИКУ (*HELIANTHUS ANNUUS L.*)

КАЛАМБЕТ В.В. – аспірант

[orcid.org/0009-0004-1430-6147](https://orcid.org/0009-0004-1430-6147)

Полтавський державний аграрний університет

ГАНГУР В.В. – доктор сільськогосподарських наук, с.н.с.

[orcid.org/0000-0002-5619-492X](https://orcid.org/0000-0002-5619-492X)

Полтавський державний аграрний університет

**Постановка проблеми.** За останні 10 років виробництво насіння соняшнику (*Helianthus annuus L.*) в світі збільшилося на 28 % (до 52 млн т на рік), а площі його вирощування на 17 % (до 28 млн га) [1]. Україна, де ця культура завжди займала значні площі, є важливим постачальником насіння соняшнику та соняшникової олії на світовий ринок. Починаючи з 2023 р., частка соняшнику в структурі посівних площ польових культур України є найбільшою [2]. Стимулом для виробників вирощувати соняшник є збільшення експорту соняшникової олії через зростаючу ціну на неї у світі, скасування імпорتنих мит на український соняшник в країнах Євросоюзу [3], сприятливі кліматичні умови та ріст загального рівня агротехнологій.

Актуальність даного дослідження полягає у необхідності наукового обґрунтування ефективних підходів до підвищення врожайності та стабільності виробництва насіння соняшнику в умовах Лівобережного Лісостепу України. Особливої уваги потребує оптимізація елементів технології вирощування, що забезпечують раціональне використання матеріальних, енергетичних ресурсів та підвищення конкурентоспроможності продукції на світовому ринку.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Насичення сівозміни соняшником досягло в деяких регіонах критичного рівня [2], тому пріоритетним напрямком стає збільшення урожаю з одиниці площі, підвищення якості продукції. Наукові дослідження свідчать, що до найбільш впливових чинників щодо підвищення врожайності культури є впровадження сучасних гібридів соняшнику із вищим генетичним потенціалом продуктивності та адаптивними властивостями, а також удосконалення системи живлення. Так, за результатами досліджень Інституту олійних культур НААН відзначено позитивну кореляцію між підвищенням дози мінеральних добрив і елементами продуктивності та урожайністю всіх гібридів соняшнику [4]. Збільшення урожайності та покращення якості насіння соняшнику на удобрених варіантах спостерігали в досліді проведених на Полтавській ДСГДС ім. М. І. Вавилова [5, 6]. При цьому найбільший ефект одержано за внесення 200 кг/га нітроамофоски та позакореневого підживлення посівів карбамідом (10 кг/га) у фазу 5–6 пар листків.

У досліді проведених в східній частині Бразилії встановлено, що за внесення 90 кг/га азоту показники: висота рослини, діаметр стебла та кошика, площа листової поверхні, урожайність були максимальними [7].

На основі польових дослідів відзначається значна реакція гібридів соняшнику на густоту стояння рослин у посівах. За даними Інституту олійних культур НААН встановлено, що із зростанням густоти від 40 до 60 тис. рослин/га збільшувалася висота рослин, а за щільності 70 тис. рослин/га вище зазначений показник зменшувався у всіх гібридів [8]. Максимальна площа листової поверхні формувалася за густоти стояння рослин 50 тис./га, а діаметр кошика та маса 1000 насінин за щільності стеблостою 40 тис./га.

В досліді з різними нормами висіву насіння в умовах Східного Лісостепу України також було виявлено, що за найменшої норми висіву (40 тис. шт./га) на фоні  $N_{30}P_{30}K_{30}$  рослини формували найбільшу асиміляційну поверхню та урожайність [9].

В умовах Правобережного Лісостепу України було виявлено, що у разі збільшення норми висіву насіння соняшнику з 50 до 90 тис. шт./га відбувається зменшення висоти рослин на 13–15 см залежно від біотипу гібриду [10]. Хорватські вчені прийшли до висновку, що за густоти стояння соняшнику в діапазоні 57–84 тис. рос./га практично всі гібриди, які вивчали, демонстрували зменшення діаметра кошика і стебла, а також збільшення висоти рослин за підвищення їх щільності на одиниці площі [11].

Варто зазначити, що вид Соняшник однорічний (*Helianthus annuus L.*) має фенотипову пластичність, завдяки якій за низької густоти він збільшує розмір кошика, а за високої відбувається почерговий нахил стебел в різні сторони посіяного рядка [12]. Така природна компенсаційна здатність допомагає рослині формувати насіння за будь-яких умов та частково може нівелювати помилки при вирощуванні.

Фактор гібриду (генотипу) також є важливим за оцінки морфометричних показників та потенційної урожайності. Так, в умовах Півдня України, де вивчали п'ять різних за походженням гібридів соняшнику, було виявлено варіювання біометричних параметрів між варіантами [13]. Наприклад, висота рослин





змінювалася від найбільшої у гібриду Український F1 (172,7 см) до найменшої у гібриду ЄС Белла (158,1 см). Діаметр стебла змінювався від 23,6 до 20,8 мм, діаметр кошика – від 23,9 до 19,8 см. Виходячи з цього, потрібно підбирати гібрид, габітус якого, буде оптимальним для відповідної схеми посіву, агротехніки та ґрунтово-кліматичних умов агробіоценозу. Досліди, проведені в посушливих умовах Правобережного Степу України свідчать, що чинник генотипу мав найбільший вплив на урожайність – 47,5 %, а частка дії густоти стояння рослин становила 5,4 % та строків сівби лише 3,4 % [14].

Таким чином, в умовах високого насичення сівозмін соняшником, підвищення продуктивності посівів культури можливе за рахунок комплексного поєднання високопродуктивних гібридів із науково обґрунтованими елементами агротехніки, адаптованими до конкретних ґрунтово-кліматичних умов.

**Мета дослідження** – з'ясувати вплив різних агротехнічних прийомів (удобрення, густота рослин) на біометричні показники гібридів соняшнику різних груп стиглості за вирощування в умовах Лівобережного Лісостепу України.

**Матеріали та методи.** Польові дослідження проводили в умовах Лівобережного Лісостепу України на базі ФГ «Грига» Полтавського району Полтавської області упродовж 2024–2025 рр. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий малогумусний середньосуглинковий. Згідно агрохімічного аналізу ґрунт дослідної ділянки містить 5,2 % гумусу, рівень рН дорівнює 6,4, вміст мінеральних рухомих, безпосередньо доступних форм азоту (метод FIA) – становить 14,2 мг/кг, рухомого фосфору (за Mehlich-3) – 16 мг/кг та обмінного калію (амонійно-ацетатний буфер) – 180 мг/кг.

Клімат – помірно-континентальний, із частими літніми посухами. Середня багаторічна сума опадів становить 599 мм, а температура повітря – 8,8 °С.

Схема досліду передбачала дослідження трьох чинників: густота стояння рослин (45, 55, 65 тис. шт./га), система удобрення (без добрив (контроль); Євросіріал ( $N_{10}P_{24}S_{20}B_{0,1}Zn_{0,1}$ ); Дуофертіл ( $N_8P_{30}S_8Mg_2B_{0,15}Zn_{0,1}$ )), гібриди (середньостиглий класичний Еван, середньостиглий високоолеїновий Окллахома, середньоранній класичний Си Теос).

Польовий дослід закладено за загальноприйнятою комбінацією методів розщеплених ділянок і організованих повторень: ділянки першого порядку (фактор А) розщеплювалися на ділянки другого порядку, на яких рендомізовано розміщувалися фактори В і С. Метод розміщення повторень – ярусний. Повторність триразова. Посівна площа ділянки 27 м<sup>2</sup>, облікова – 21 м<sup>2</sup>.

Попередником соняшнику в досліді була пшениця озима. Основний обробіток ґрунту передбачав луцення стерні на глибину 8–10 см та зяблеву оранку на глибину 25–27 см. Календарні строки сівби: у 2024 році – 11 травня, у 2025 – 10 травня. У день сівби вносили ґрунтовий гербіцид Примекстра TZ Голд – 4,5 л/га. Спосіб сівби широкорядний (70 см). Сівбу проводили спеціалізованою селекційною сівалкою Wintersteiger, а внесення добрив – механізованим однодисковим сошником в день сівби. Обмолот проводили комбайном New Holland з одночасним зважуванням зібраного насіння з кожної ділянки та вимірюванням його вологості.

Спостереження, обліки та реєстрація фенологічних фаз проводили згідно методики [15]. Площа листової поверхні розраховувалася згідно методики [16]. Біометричні заміри і обстеження проводилися у фазу цвітіння.

**Результати досліджень.** Аналіз результатів досліджень свідчить, що площа листової поверхні однієї рослини має обернену залежність від густоти стояння, тобто за збільшення густоти відзначено її зменшення (рис. 1). Найбільш сприятливі умови для формування розвинутої листової поверхні спостерігали за густоти

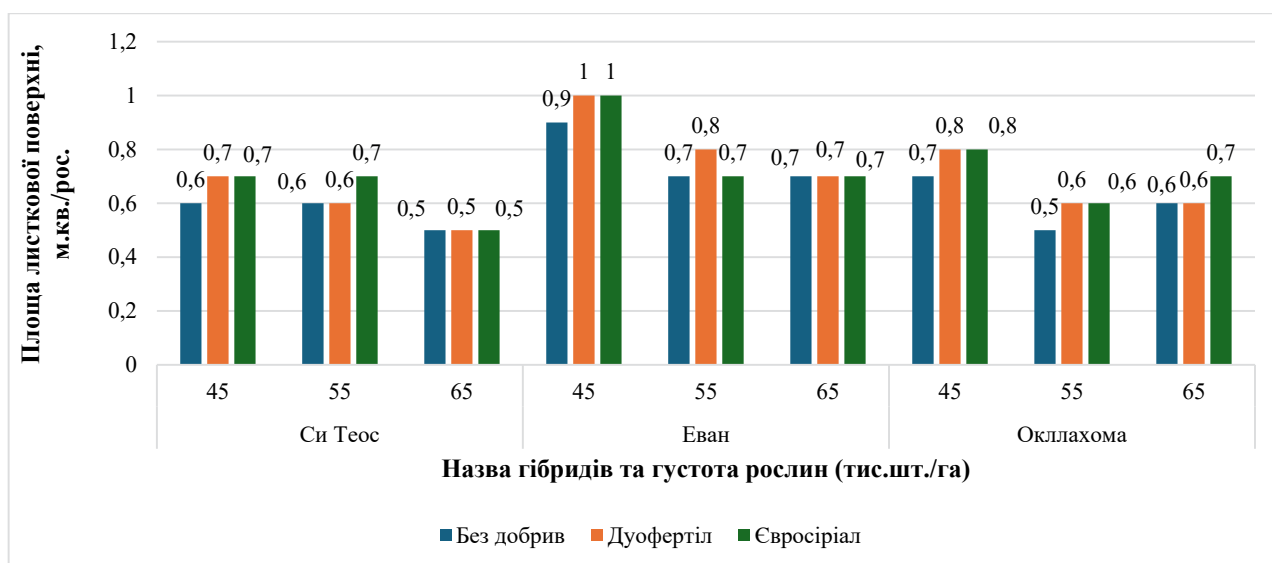


Рис. 1. Площа листової поверхні залежно від рівня удобрення та густоти рослин, середнє за 2024–2025 рр.

45 тис. рослин/га. Вплив удобрення є помірним і більш помітним за нижчої густоти рослин на одиниці площі, тоді як за загущення посівів він нівелюється. Серед генотипів найбільшу площу листків стабільно формує гібрид Еван, що свідчить про його більший потенціал до розвитку асиміляційної поверхні.

Аналіз експериментальних даних представлених на рис. 2 свідчить, що висота рослин змінюється залежно як від густоти стояння, так і від варіанта удобрення та біологічних особливостей гібриду соняшника. За вирощування культури на варіанті без внесення мінеральних добрив із густотою 45 тис. рослин/га, висота рослин у гібриду Еван становила 170 см, Оклахома – 147 см, а в Си Теос – 152 см. Застосування добрив сприяло підвищенню висоти рослин, зокрема найбільш відчутний ефект спостерігали у разі внесення Євросіріал, особливо у гібриду Еван та Оклахома, де цей показник зріс, відповідно на 4 і 6 см, або 2,4 і 4,1 %.

За підвищення густоти стояння до 55 тис. рослин/га відзначається загальна тенденція до збільшення висоти рослин відносно попереднього варіанту, зокрема у гібриду Еван на 1–3 см, у Си Теос – 4–5 см, тоді як у гібриду Оклахома лінійні розміри рослин залишаються відносно стабільними (147–152 см). Гібрид Еван формував максимальну висоту за вирощування на фоні внесення мінеральних добрив Дуофертіл, а гібриди Си Теос та Оклахома за використання Євросіріал.

Подальше збільшення густоти до 65 тис. рослин/га супроводжувалося неоднозначною реакцією гібридів. Так, у гібриду Еван спостерігали зниження висоти порівняно з густотою 55 тис./га. Висота рослин у гібриду Оклахома практично не змінювалася, що свідчить про його порівняно нейтральну реакцію на загущення. Водночас у гібриду Си Теос відзначено тенденцію до подальшого зростання висоти, особливо за внесення добрив Євросіріал.

Аналіз отриманих даних свідчить про чітку залежність діаметра стебла від густоти стояння (див. табл. 1).

Так, встановлено, що оптимальні умови для формування рослин із більшим діаметром стебла забезпечуються за найменшої густоти стояння (45 тис./га). У разі її збільшення спостерігається конкуренція між рослинами за фактори життя, що призводить до витягування рослин і зменшення діаметра стебла. Вплив удобрення на вище зазначений показник є позитивним, але більш вираженою є дія щільності рослин у посівах. Дослідженнями виявлено, що найбільший діаметр стебла стабільно формує гібрид Еван, тоді як гібрид Оклахома характеризується найменшими значеннями показника, а Си Теос займає проміжне положення.

Одержані експериментальні дані свідчать, що діаметр кошика істотно залежить від густоти стояння рослин, а саме із її збільшенням цей показник закономірно зменшується у всіх гібридів, які вивчали (рис. 2). Відзначено, що за густоти 45 тис. рослин/га формуються найбільші значення діаметра кошика. Внесення мінеральних добрив сприяє збільшенню розміру кошика, причому найбільший ефект спостерігається за внесення Євросіріалу (на 0,7 см у гібриду Еван та 0,5 см у гібриду Оклахома) та Дуофертілу (на 0,7 см у гібриду Си Теос).

За збільшення щільності рослин соняшнику до 55 і 65 тис. рослин/га відзначено зменшення діаметра кошика в усіх варіантах. Водночас вплив удобрення залишається позитивним, однак менш вираженим відносно варіанту із меншою густотою.

Що стосується маси 1000 насінин, то результати досліджень свідчать про залежність значень цього показника як від густоти стояння рослин соняшнику, так і від рівня удобрення, а також від біологічних особливостей гібридів (рис. 3). Гібрид Оклахома вирізнявся найбільшою масою 1000 насінин, яка становила 57,9 г за густоти стояння рослин 45 тис. рослин/га. Водночас за збільшенням щільності стеблостою до 55 тис. рослин/га цей показник знижується у порівнянні з попереднім варіантом і досягає мінімальних значень за густоти

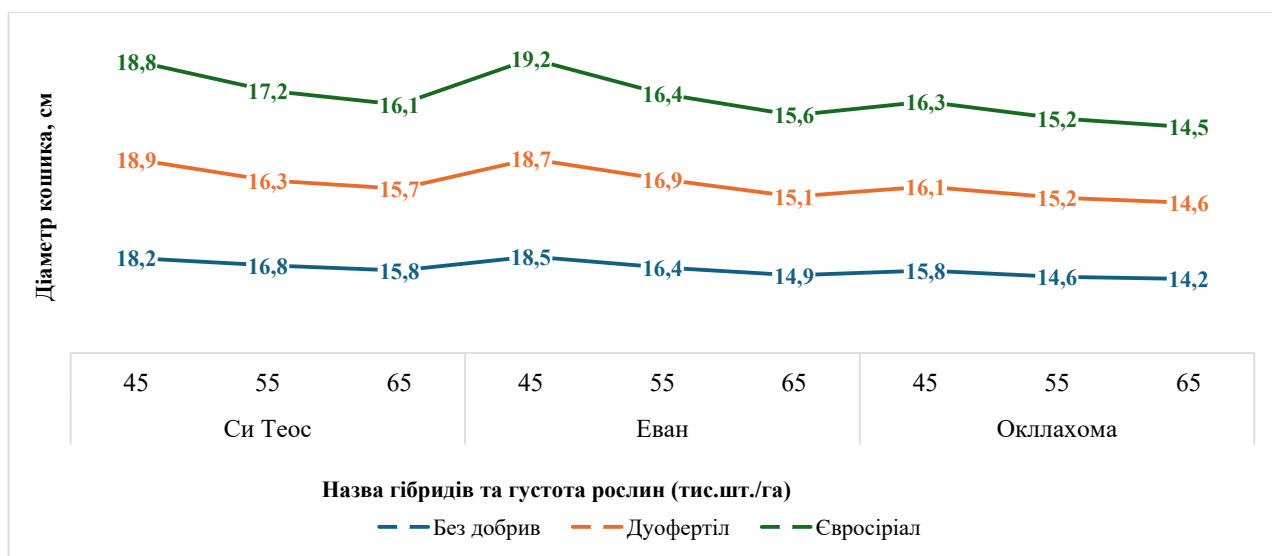


Рис. 2. Вплив густоти рослин, системи удобрення, біотипу гібриду на діаметр кошика, середнє за 2024–2025 рр.

Таблиця 1

Вплив густоти рослин, системи удобрення, біотипу гібриду на висоту рослин та діаметр стебла, (середнє за 2024–2025 рр.)

| Густота рослин, тис./га | Удобрення  | Висота рослини, см |      |           | Діаметр стебла, мм |      |           |
|-------------------------|------------|--------------------|------|-----------|--------------------|------|-----------|
|                         |            | Си Теос            | Еван | Окхлахома | Си Теос            | Еван | Окхлахома |
| 45                      | Без добрив | 152                | 170  | 147       | 19,6               | 22,4 | 19,3      |
|                         | Дуофертіл  | 155                | 171  | 147       | 20,5               | 22,3 | 18,8      |
|                         | Євросіріал | 154                | 174  | 153       | 20,9               | 22,9 | 19,4      |
| 55                      | Без добрив | 157                | 173  | 148       | 19,0               | 21,5 | 17,4      |
|                         | Дуофертіл  | 157                | 176  | 147       | 19,0               | 21,8 | 17,4      |
|                         | Євросіріал | 158                | 175  | 152       | 18,9               | 22,2 | 17,8      |
| 65                      | Без добрив | 161                | 167  | 148       | 17,1               | 19,4 | 16,8      |
|                         | Дуофертіл  | 156                | 170  | 148       | 17,0               | 19,6 | 16,6      |
|                         | Євросіріал | 163                | 172  | 153       | 17,5               | 20,2 | 17,3      |

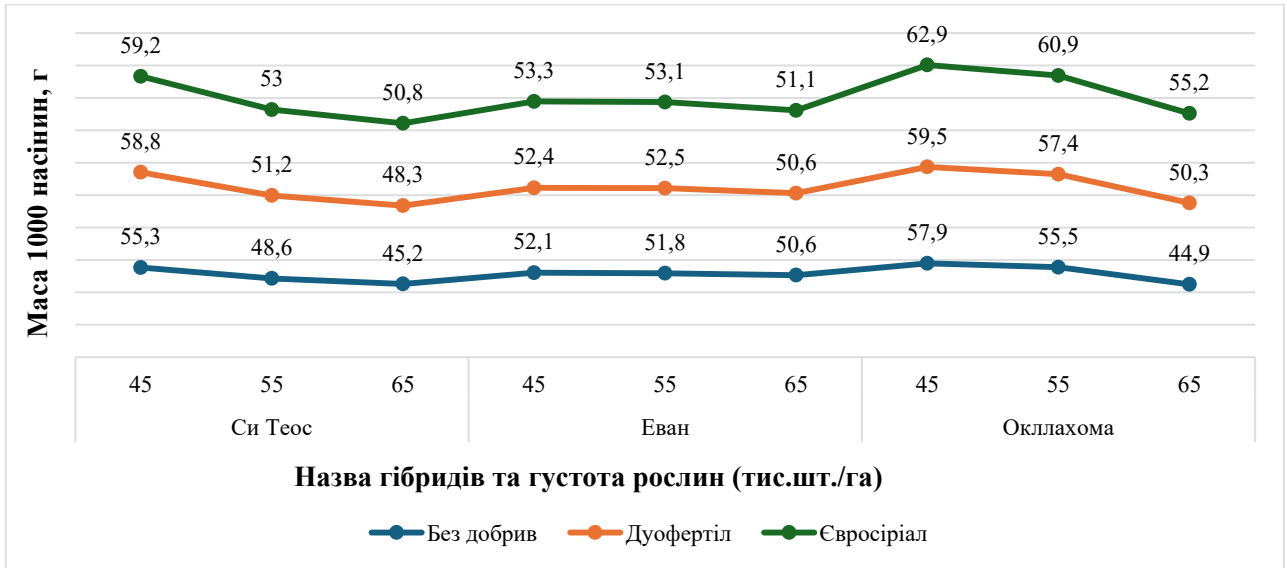


Рис. 3. Зміна маси 1000 насінин залежно від густоти рослин, системи удобрення, біотипу гібриду

65 тис. рослин/га. Застосування добрив позитивно впливало на ваговитість насіння, але максимальне значення маси 1000 насінин спостерігали за мінімальної густоти рослин та вирощування на фоні внесення Євросіріал.

Найбільш виражений позитивний ефект від додаткового удобрення відзначено у гібридів Си Теос та Окхлахома, де різниця між удобреними та контрольним варіантами становила, відповідно 3,9–5,6 і 5,0–10,3 г, або 7,1–12,4 і 8,6–22,9 %. Це свідчить про їхню високу чутливість до покращення мінерального живлення та генетичний потенціал до формування більш виповненого насіння.

Натомість гібрид Еван характеризувався значно слабшою реакцією на внесення добрив, зокрема приріст маси 1000 насінин на удобрених ділянках становив лише 0,5–1,3 г порівняно з контролем, що може вказувати на його відносну стабільність або меншу залежність від рівня мінерального живлення.

У середньому за роки досліджень (2024–2025) найбільш ефективним за впливом на формування маси

1000 насінин було застосування добрива Євросіріал, яке забезпечило приріст маси 1000 насінин на рівні 4,2 г. Використання Дуофертілу також сприяло підвищенню цього показника, проте середня прибавка була меншою і становила 2,4 г у порівнянні з варіантом без удобрення. Подібну тенденцію зміни маси 1000 насінин також відзначено за результатами досліджень, проведених в умовах Лівобережної України [17] та Хорватії [11].

**Висновки.** За результатами досліджень впродовж 2024–2025 рр., встановлено, що застосування комплексних мінеральних добрив, особливо Євросіріал, сприяло формуванню більш розвиненого листового апарату, збільшенню висоти рослин, діаметра стебла та кошика, а також підвищенню маси 1000 насінин порівняно з контролем. Оптимальні біометричні параметри здебільшого формувалися за густоти 45–55 тис. рослин/га, тоді як загущення посівів призводило до зменшення значень біометричних вимірів рослин гібридів соняшнику Си Теос, Еван, Оклахом.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Food and Agriculture Organization. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (дата звернення: 28.01.2026).
- Держстат. URL: <https://stat.gov.ua/uk/explorer> (дата звернення: 30.10.2025).
- Талавиря М., Полюхович В., Берча О. Експорт соняшникової олії в Україні та світі. *Геополітика України: історія і сучасність : збірник наукових праць*. 2022. № 1(28). С. 142–149. [https://doi.org/10.24144/2078-1431.2022.1\(28\).142-149](https://doi.org/10.24144/2078-1431.2022.1(28).142-149)
- Поляков О. І., Щербак А. Д. Продуктивність соняшнику під впливом мінеральних добрив і регуляторів росту. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур*. 2022. № 33. С. 111–122. <https://doi.org/10.36710/IOC-2022-33-11>
- Тоцький В. М., Гангур В. В., Поляков І. А. Урожайність та якість насіння гібридів соняшнику (*Helianthus annuus* L.) залежно від системи удобрення. *Scientific Progress & Innovation*. 2024. № 27(3). С. 5–11. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.03.01>
- Тоцький В. М., Гангур В. В., Оніпко В. В., Міщенко О. В., Космінський О. О., Поляков І. А., Мотрич Р. Ю. Вплив системи удобрення на біометричні, продуктивні та якісні показники гібридів соняшнику в умовах Лівобережного Лісо-степу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26(3). С. 52–57. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.10>
- Lemos P., Pereira R. G., Cavalcante M., de Andrade A. S., de Medeiros P. Q. Sunflower response to nitrogen doses. *Research Article – Science of Soil and Environment*. 2022. № 21(4). С. 516–522. <https://doi.org/10.5965/223811712142022516>
- Поляков О. І., Нікітенко О. В., Сорока А. І. Продуктивність гібридів соняшнику залежно від густоти стояння рослин за різних строків сівби. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2022. № 32. С. 99–111. <https://doi.org/10.36710/IOC-2022-32-10>
- Гутянський Р. А., Коломацька В. П. Вплив норм висіву на біометричні показники та врожайність нових гібридів соняшнику. *Селекція і насінництво*. 2024. № 126. С. 62–73. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2024.318864>
- Борисенко В. В. Олійність та якість гібридів соняшника залежно від елементів технології вирощування. *Таврійський науковий вісник*. 2022. № 130. С. 17–22. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.3>
- Kulundžić A. M., Liović I., Sudarić A., Duvnjak T., Kočar M. M., Varga I., Mijić A. Morpho-Physiological Adaptation of Sunflower Hybrids to Varying Plant Densities. *Plants*. 2025. Vol. 14(22). P. 3446. <https://doi.org/10.3390/plants14223446>
- Maddonni G. A., López-Pereira M., Sadras V. Chapter 12 – The phenotype of plants in crop stands: Implications of plant-plant relations for breeding and agronomy. *Crop Physiology (Third Edition)*. 2026. P. 307–319. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-30208-4.00010-1>
- Shahini E., Myalkovsky R., Nebaba K., Ivanyshyn O., Liubytka D. Economic and biological characteristics and productivity analysis. *Scientific Horizon*. 2023. Vol. 26(8). P. 83–95. <https://doi.org/10.48077/scihor8.2023.83>
- Pinkovskyi H., Tanchyk S. Management of productivity of sunflower plants depending on terms of sowing and density of standing in arid conditions of the Right-bank Steppe of Ukraine. *Agronomy science*. 2021. Vol. 76(1). P. 21–38. <https://doi.org/10.24326/as.2021.1.2>
- Методика державного сорто випробування сільськогосподарських культур. Держ. коміс. України по випробуванню та охороні сортів рослин. За ред. В.В. Волкодава. К. 2000. 100 с.
- Щенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії: Підручник. Вінниця: ПП «ТД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с.
- Шокало Н. С., Свистун І. П. Формування урожайності соняшнику залежно від норми висіву. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 134. С. 202–207. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.26>

## REFERENCES:

- Food and Agriculture Organization. (2026). Retrieved from: URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (data zvernennia: 28.01.2026)
- Derzhstat. (2025). Retrieved from: URL: <https://stat.gov.ua/uk/explorer> (data zvernennia: 30.10.2025) [in Ukrainian].
- Talavyria, M., Poliukhovych, V., & Bercha, O. (2022). Eksport soniashnykovoi olii v Ukraini ta sviti [Export of sunflower oil in Ukraine and the world]. *Uzhhorod, Heopolityka Ukrainy: istoriia i suchasnist : zbirnyk naukovykh prats*, 1(28), 142–149. [https://doi.org/10.24144/2078-1431.2022.1\(28\).142-149](https://doi.org/10.24144/2078-1431.2022.1(28).142-149) [in Ukrainian].
- Poliakov, O. I., & Shcherbak, A. D. (2022). Produktivnist soniashnyku pid vplyvom mineralnykh dobyrv i rehuliatoriv rostu [Productivity of sunflower under the influence of mineral fertilizers and growth regulators]. *Zaporizhzhia, Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur*, 33, 111–122. <https://doi.org/10.36710/IOC-2022-33-11> [in Ukrainian].
- Totskyi, V. M., Hanhur, V. V., & Poliakov, I. A. (2024). Urozhainist ta yakist nasinnia hibrydiv soniashnyku (*Helianthus annuus* L.) zalezchno vid systemy udobrennia [Yield and quality of seed of sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) depending on the fertilizer system]. *Poltava, Scientific Progress & Innovation*, 27(3), 5–11. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.03.01> [in Ukrainian].
- Totskyi, V. M., Hanhur, V. V., Onipko, V. V., Mishchenko, O. V., Kosminskyi, O. O., Poliakov, I. A., & Motrych, R. Yu. (2023). Vplyv systemy udobrennia na biometrychni, produktyvni ta yakisni pokaznyky hibrydiv soniashnyku v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Influence of the fertilizer system on the biometric, productive and quality indicators of sunflower hybrids in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Poltava, Scientific Progress & Innovations*, 26(3), 52–57. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.10> [in Ukrainian].
- Lemos, P., Pereira, R. G., Cavalcante, M., de Andrade, A. S., & de Medeiros, P. Q. (2022). Sunflower response to nitrogen doses. *Santa Catarina, Journal of Agroveterinary Sciences*, 21(4), 516–522. <https://doi.org/10.5965/223811712142022516>.
- Poliakov, O. I., Nikitenko, O. V., & Soroka, A. I. (2022). Produktivnist hibrydiv soniashnyku zalezchno vid hustoty stoiannia rosllyn za riznykh strokiv sivby [Productivity

- of sunflower hybrids depending on the density of plant population at different sowing times]. Zaporizhzhia, Naukovo-tehnichniy biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN, 32, 99–111. <https://doi.org/10.36710/IOC-2022-32-10> [in Ukrainian].
9. Hutianskyi, R. A., & Kolomatska, V. P. (2024). Vplyv norm vysivu na biometrychni pokaznyky ta vrozhaist novykh hibrydiv soniashnyku [Effect of Seeding Rates on Biometric Parameters and Yield of New Sunflower Hybrids]. Kharkiv, Seleksiia i nasinnystvo, 126, 62–73. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2024.318864> [in Ukrainian].
  10. Borysenko, V. V. (2022). Oliinist ta yakist hibrydiv soniashnyka zalezno vid elementiv tekhnologii vyroshchuvannya [Oil capacity and quality of sunflower hybrids depends on cultivation technology elements]. Kropyvnytskyi, Tavriyskiy naukovyi visnyk, 130, 17–22. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.3> [in Ukrainian].
  11. Kulundžić A. M., Liović I., Sudarić A., Duvnjak T., Kočar M. M., Varga I., Mijić A. (2025). Morpho-Physiological Adaptation of Sunflower Hybrids to Varying Plant Densities. Plants. Basel, 14(22), 3446. <https://doi.org/10.3390/plants14223446>
  12. Maddonni, G. A., López-Pereira, M., & Sadras, V. (2026). Chapter 12 – The phenotype of plants in crop stands: Implications of plant-plant relations for breeding and agronomy. Crop Physiology (Third Edition), 307–319. Adelaide: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-30208-4.00010-1>
  13. Shahini, E., Myalkovsky, R., Nebaba, K., Ivanyshyn, O., & Liubyska, D. (2023). Analiz hospodarsko-biologichnykh osoblyvostei ta produktyvnosti hibrydiv soniashnyku [Economic and biological characteristics and productivity analysis]. Zhytomyr, Scientific Horizons, 26(8), 83–95. <https://doi.org/10.48077/scihor8.2023.83> [in Ukrainian].
  14. Pinkovskyi, H., & Tanchyk, S. (2021). Management of productivity of sunflower plants depending on terms of sowing and density of standing in arid conditions of the Right-bank Steppe of Ukraine. Lublin, Agronomy science, 76(1), 21–38. <https://doi.org/10.24326/as.2021.1.2> [in English]
  15. Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannya silskohospodarskykh kultur. (2000). Derzh. komis. Ukrainy po vyprobuvanni ta okhroni sortiv roslyn. Za red. V.V. Volkodava. Kyiv [in Ukrainian].
  16. Yeshchenko V. O., Kopytko P. H., Kostohryz P. V., Opryshko V. P. (2014). Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii: Pidruchnyk. Vinnytsia: PP TD Edelveis i K [in Ukrainian].
  17. Shokalo, N. S., & Svystun, I. P. (2023). Formuvannya urozhaist soniashnyku zalezno vid normy vysivu [Sunflower yield formation depending on the seeding rate]. Kropyvnytskyi, Tavriyskiy naukovyi visnyk, 134, 202–207. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.26> [in Ukrainian].

**Каламбет В.В., Гангур В.В. Вплив агротехнічних прийомів на біометричні показники соняшнику (*Helianthus Annuus* L.)**

**Мета.** З'ясувати вплив різних агротехнічних прийомів (удобрення, густота рослин) на біометричні показники гібридів соняшнику різних груп стиглості за вирощування в умовах Лівобережного Лісостепу України.

**Методи.** Польові дослідження проведено на базі ФГ «Грига» Полтавського району упродовж 2024–2025 рр. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий малогумусний середньосуглинковий. Схема досліду передбачала дослідження трьох чинників: густота стояння рослин (45, 55, 65 тис. шт./га), система удобрення (без добрив (контроль); Євросіріал ( $N_{10}P_{24}S_{20}B_{0.1}Zn_{0.1}$ ); Дуофертіл ( $N_{8}P_{30}S_{8}Mg_{2}B_{0.15}Zn_{0.1}$ )), гібриди (Еван, Оклахома, Си Теос).

**Результати.** Встановлено, що оптимальні умови для формування максимальної площі листової поверхні забезпечуються за густоти 45 тис. рослин/га. Внесення добрив (Дуофертіл і Євросіріал) сприяє незначному збільшенню площі листової поверхні відносно варіанту без добрив, однак стабільно вищим був цей показник у гібриду Еван. Оптимальною для формування максимальної висоти рослин є густота 55 тис. рослин/га, за якої більшість гібридів реалізують свій потенціал росту. Внесення комплексних мінеральних добрив позитивно впливає на висоту рослин, проте ефективність їх дії залежить від щільності рослин на одиниці площі та генотипу соняшника. Встановлено, що рослини із більшим діаметром стебла та кошика формуються за найменшою густотою стояння (45 тис./га). Водночас за збільшення густоти спостерігали конкуренцію між рослинами за фактори життя, що призводило до зменшення діаметра як стебла, так і кошиків.

**Висновки.** Використання комплексних мінеральних добрив, зокрема Дуофертіл та Євросіріал, забезпечило формування більш потужного листового апарату, збільшення висоти рослин, діаметра стебла й кошика, а також підвищення маси 1000 насінин відносно контролю. Найкращі біометричні показники переважно спостерігали за густоти стояння 45–55 тис. рослин/га, тоді як збільшення щільності рослин до 65 тис./га спричиняло зниження цих параметрів у рослин гібридів соняшнику Си Теос, Еван і Оклахом.

**Ключові слова:** густота рослин, удобрення, гібрид, висота рослин, діаметр стебла та кошика, площа листків.

**Kalambet V.V., Hangur V.V. The effect of agrotechnical practices on the biometric parameters of sunflower (*Helianthus Annuus* L.)**

**Aim.** To determine the effect of various agrotechnical practices (fertilization, plant density) on the biometric parameters of sunflower hybrids of different maturity groups when cultivated under the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

**Methods.** Field experiments were conducted at the "Hryha" farming enterprise (Poltava district) during 2024–2025. The soil of the experimental plot was a typical low-humus, medium-loamy chernozem. The experimental design involved the study of three factors: plant density (45, 55, and 65 thousand plants per hectare), fertilization system (no fertilizers (control); Eurocereal ( $N_{10}P_{24}S_{20}B_{0.1}Zn_{0.1}$ ); Duoferil ( $N_{8}P_{30}S_{8}Mg_{2}B_{0.15}Zn_{0.1}$ )), and hybrids (Evan, Oklahoma, SY Theos).

**Results.** It has been established that optimal conditions for the formation of the maximum leaf area are ensured at a plant density of 45 thousand plants per hectare. The application of fertilizers (Duoferil and Eurocereal) resulted in a slight increase in leaf area compared to the unfertilized control; however, this parameter was consistently higher in the Evan hybrid. The optimal plant density for achieving maximum plant height was 55 thousand plants per hectare, at which most hybrids realized their growth potential. The

application of complex mineral fertilizers increases plant height; however, their efficiency depends on plant density per unit area and the sunflower genotype. It has been established that plants with larger stem and head diameters are formed at the lowest plant density (45 thousand plants per hectare). At the same time, increasing plant density intensified competition for essential growth factors, resulting in a decrease in both stem and head diameter.

**Conclusions.** The application of complex mineral fertilizers, in particular Duofertil and Eurocereal, resulted in

a more developed leaf apparatus, increased plant height, stem and head diameter, and a higher thousand-seed weight compared to the control. The best biometric parameters were predominantly observed at plant densities of 45–55 thousand plants per hectare, whereas increasing the plant density to 65 thousand per hectare led to a decline in these parameters in sunflower hybrids SY Theos, Evan, and Oklahoma.

**Key words:** plant density, fertilization, hybrid, plant height, stem and head diameter, leaf area.

Дата першого надходження статті до видання: 22.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

УДК 635.64.044:631.527.5:631.559]:[338.31:631.544.4]  
DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.36.22>

## АГРОБІОЛОГІЧНА ОЦІНКА ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ГІБРИДІВ РОЖЕВОПЛІДНОГО ПОМІДОРА У ВЕСНЯНО-ОСІННІЙ КУЛЬТУРОЗМІНІ В СКЛЯНИХ ТЕПЛИЦЯХ БЕЗ ОБІГРІВУ

**КАРАЧУН В.Л.** – доктор філософії

*orcid.org/0009-0006-8525-2080*

Державний біотехнологічний університет

**ЛЕБЕДИНСЬКИЙ І.В.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

*orcid.org/0000-0002-9245-5437*

Державний біотехнологічний університет

**ГАЛАГУРЯ А.О.** – доктор філософії

*orcid.org/0000-0002-7114-500X*

Державний біотехнологічний університет

**Постановка проблеми.** Протягом останніх років галузь овочівництва закритого ґрунту в Україні зазнала суттєвих трансформацій, що призвели до скорочення обсягів виробництва помідора, зокрема гібридів рожевоплідного типу. Зазначена група гібридів належить до продукції преміального сегмента та характеризується підвищеним попитом на внутрішньому і зовнішньому ринках. Зниження обсягів виробництва зумовлене комплексом економічних, технологічних та соціальних чинників, серед яких визначальними є зростання вартості енергоресурсів, дефіцит кваліфікованих кадрів, а також посилення конкуренції з боку імпортованої продукції [1,7].

Суттєвим обмежуючим фактором ефективності виробництва помідора в умовах закритого ґрунту є значне підвищення вартості енергоносіїв, зокрема електроенергії та природного газу. Особливо гостро ця проблема проявляється у застарілих скляних теплицях типу «Антрацит», які характеризуються високими тепловтратами через недостатню герметизацію конструкцій. В умовах військових дій додатковим негативним чинником є пошкодження тепличних споруд унаслідок обстрілів, що призводить до порушення цілісності покриття і, як наслідок, до зростання тепловтрат та підвищення витрат на енергоносії [10].

Крім того, теплиці типу «Антрацит» є технологічно застарілими для ведення продовженого обороту помідора. Конструктивні особливості, зокрема відносно невелика висота споруд (близько 3,5 м) та розміщення шпалери на рівні 3,0 м, обмежують ріст індетермінантних рослин, знижують ефективність використання світлового простору та ускладнюють формування високопродуктивного агрофітоценозу. Класичною для теплиць такого типу є технологія вирощування овочевих культур у два цикли протягом року. Вона передбачає вирощування огірка у першому півріччі (висаджування рослин на початку січня з плодоношенням у період лютий–червень) та помідора у другому півріччі (висаджування розсади наприкінці червня з плодоношенням у вересні–листопаді) [5]. Однак така система вирощування

характеризується високою енергоємністю, оскільки потребує значних витрат на обігрів теплиць у зимово-весняний період, що в умовах зростання вартості енергоресурсів суттєво знижує рівень рентабельності виробництва.

За таких умов особливого значення набуває пошук енергоощадних технологій вирощування помідора, зокрема у весняно-осінній культурозміні в скляних теплицях без обігріву. Оптимізація агротехнічних прийомів, серед яких визначальним є встановлення раціональних строків висаджування розсади, дозволяє максимально ефективно використати природні кліматичні ресурси – сонячну інсоляцію та температурний режим. Це сприяє підвищенню продуктивності рослин, покращенню якості плодів і зниженню виробничих витрат, що в цілому забезпечує підвищення економічної ефективності вирощування гібридів рожевоплідного помідора.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сучасний стан виробництва помідора в країнах Європейського Союзу характеризується високим рівнем інтенсифікації, технологічної оснащеності та чітко вираженою спеціалізацією за типами продукції. У цьому контексті Польща посідає провідні позиції, демонструючи стабільне зростання обсягів виробництва, які у 2024 році перевищили 1 млн. т, із приростом 15,3 % порівняно з попереднім роком. Визначальною рисою галузі є домінування виробництва у захищеному ґрунті, частка якого сягає близько 90 %, що обумовлено широким впровадженням високотехнологічних тепличних систем із автоматизованим контролем факторів середовища [2,15]. Структурний аналіз ринку свідчить про трансформацію асортиментної політики у напрямі домінування рожевоплідних гібридів помідора, які займають до 70 % площ тепличного виробництва. Частка інших морфотипів, зокрема червоних великоплідних та спеціалізованих форм, є істотно нижчою та має тенденцію до скорочення. Динаміка площ під рожевоплідними помідорами характеризується стійким зростанням – від близько 550 га у 2019 році до приблизно 780 га у наступні роки,





що свідчить про їх високу економічну привабливість та відповідність сучасним вимогам ринку [15,18]. Ринкова кон'юнктура зумовлює орієнтацію виробництва на гібриди інтенсивного типу з підвищеними показниками якості продукції. У цьому сегменті домінують високоефективні рожевоплідні гібриди, зокрема *Tomimaru Muchoo F<sub>1</sub>*, *Fujimaru F<sub>1</sub>*, *Hakimaru F<sub>1</sub>*, *Maluno F<sub>1</sub>*, *Mei Shuai F<sub>1</sub>* та інші, які характеризуються стабільністю формування врожаю, високими показниками якості плодів та здатністю забезпечувати конкурентоспроможність продукції в преміальному сегменті [2].

У вітчизняній науковій думці проблема підвищення ефективності вирощування помідора в умовах закритого ґрунту розглядається як одна з ключових у системі овочівництва [3]. Узагальнення результатів досліджень свідчить про пріоритетність використання індетермінантних рожевоплідних гібридів, які забезпечують поєднання високої врожайності, товарності та економічної ефективності виробництва. Експериментально доведено, що сучасні гібриди (Есміра F<sub>1</sub>, Хакумару F<sub>1</sub>, Томімару Мучо F<sub>1</sub>, Фуджимару F<sub>1</sub> та ін.) за умов вирощування в продовженій культурі у скляних теплицях із використанням малооб'ємної гідропоніки та автоматизованих систем керування мікрокліматом характеризуються високим рівнем продуктивності, стабільністю плодоношення та оптимальними біометричними параметрами рослин [8,14]. При цьому формуються показники врожайності, що відповідають інтенсивному рівню ведення галузі.

Доведено, що рівень реалізації потенціалу гібридів значною мірою визначається комплексом технологічних чинників, серед яких ключовими є властивості субстрату, параметри вирощування розсади та застосування біологічно активних речовин. Оптимізація зазначених елементів технології є необхідною умовою підвищення врожайності та якості продукції [11,12].

Суттєвий науковий інтерес становлять дослідження економічної ефективності виробництва, які підтверджують, що рівень рентабельності визначається взаємодією біологічного потенціалу гібриду та технологічних параметрів його реалізації. Встановлено, що рожевоплідні гібриди забезпечують вищі показники економічної ефективності порівняно з традиційними червоноплідними, що обумовлює їх пріоритетність у сучасних виробничих системах [17,18].

Разом із тим встановлено, що оптимізація технологічних елементів дозволяє підвищити врожайність на 6,6–9,0 %, що має безпосередній вплив на економічні результати виробництва. Водночас ефективність функціонування галузі визначається рівнем технічного забезпечення тепличних підприємств і ступенем адаптації технологій до конкретних умов виробництва [10].

Незважаючи на значний обсяг наукових досліджень, їх переважна більшість присвячена інтенсивним технологіям вирощування у зимових теплицях, що характеризуються високою енергоємністю. Водночас питання ефективного вирощування рожевоплідних гібридів у весняно-осінній культурі у скляних теплицях без обігріву залишаються недостатньо розробленими. Особливої актуальності набуває необхідність

комплексного обґрунтування технологічних рішень із урахуванням зниження енергетичних витрат та підвищення економічної ефективності виробництва, що і визначає напрям проведених наукових досліджень.

**Мета досліджень.** Метою дослідження є комплексна агробіологічна оцінка індетермінантних гібридів рожевоплідного помідора та обґрунтування економічної ефективності їх вирощування у весняно-осінній культурі у скляних теплицях без обігріву.

**Матеріали і методи досліджень** Дослідження проводили протягом 2022–2023 рр. в умовах високотехнологічного тепличного підприємства ТОВ ТК «Дніпровський», розташованого в Дніпропетровській області. Експеримент закладено у скляних теплицях типу «Антрацит» без обігріву, із висотою шпалери 3,0 м від поверхні мінераловатного субстрату. Вирощування рослин здійснювали за технологією малооб'ємної гідропоніки із використанням мінераловатного субстрату «Vegrow» (із повторним застосуванням після вирощування огірка). Параметри мікроклімату (температура повітря, відносна вологість, інтенсивність вентиляції) підтримувалися автоматизовано за допомогою комп'ютеризованої системи керування. Регулювання режимів живлення рослин (концентрація поживного розчину, показник рН, частота та норми поливів) здійснювалося із застосуванням системи керування «Priva Integro», що забезпечувала диференційовану подачу поживного розчину відповідно до потреб рослин і рівня зволоження субстрату.

Об'єктом дослідження були індетермінантні рожевоплідні гібриди помідора: Мей Шуай F<sub>1</sub> (*Seminis*), Мануса F<sub>1</sub>, Зухраза F<sub>1</sub>, Есміра F<sub>1</sub> (*Rijk Zwaan*) [6,13], які за сукупністю морфологічних, біологічних та господарсько-цінних ознак віднесено до однієї групи.

Рослини характеризуються сильним індетермінантним типом росту, формують потужне стебло з добре розвиненим листковим апаратом, що забезпечує інтенсивний фотосинтетичний потенціал. Відзначаються тривалим періодом вегетації та стабільним плодоношенням. Гібриди характеризуються скороченим періодом від сходів до початку плодоношення, що забезпечує отримання ранньої продукції. Суцвіття переважно просте або проміжного типу, з високою здатністю до зав'язування плодів навіть за умов стресових факторів.

Плоди вирівняні, округлої або округло-плескатої форми, масою в середньому 180–250 г, окремі – до 280–300 г. Забарвлення плодів рівномірне, насичено-рожеве без зеленої плями біля плодоніжки. М'якоть щільна, соковита, з високими смаковими якостями, характерними для рожевоплідних помідорів. Плоди мають добру транспортабельність, не розтріскуються та зберігають товарний вигляд протягом тривалого часу. Гібриди цієї групи відзначаються комплексною стійкістю до основних хвороб помідора, зокрема до вірусної мозаїки, фузаріозне в'янення та вертицильозне в'янення, а також толерантністю до несприятливих умов вирощування (перепади температур, недостатнє освітлення). Рекомендовані для вирощування в умовах закритого ґрунту – у скляних та плівкових теплицях у подовженому або весняно-осінньому культурозмінах.





**Рис. 1. Наочне зображення досліджуваних гібридів під час проведення досліджень**

Оптимальна густота стояння рослин становить 2,5–3,0 рослини на  $\text{м}^2$ . Для досягнення максимальної урожайності потребують застосування інтенсивної технології вирощування з використанням шпалер, регулярного пасинкування, нормування навантаження плодами та збалансованого мінерального живлення [6,13].

За сукупністю ознак ці гібриди доцільно розглядати як єдиний об'єкт дослідження з високим рівнем адаптивності, товарності та продуктивного потенціалу.

Дослід закладено за систематичною схемою у чотириразовій повторності. Площа облікової ділянки становила 10  $\text{м}^2$ , загальна площа ділянки – 14  $\text{м}^2$ , загальна площа досліду – 224  $\text{м}^2$ . Вирощування розсади здійснювали у пінопластові касетах із мінераловатним субстратом. У віці 13 діб розсаду пікірували у мінераловатні кубики. Висаджування рослин на постійне місце проводили у віці 32 доба, коли розсада перебувала у фазі дев'яти справжніх листків. Схема розміщення рослин становила 1,6 × 0,25 м. На один мат мінераловатного субстрату «Begrow» (розміром 100 × 20 × 7,5 см) висаджували по 4 рослини, що відповідало об'єму субстрату 3,75 л на одну рослину. Початкова густота стояння рослин становила 2,5 рослин на  $\text{м}^2$  із подальшим формуванням до 3,1 стебел на  $\text{м}^2$ . Кількість рослин на обліковій ділянці – 25 шт.

Формування та догляд за рослинами здійснювали відповідно до загальноприйнятої інтенсивної технології

вирощування помідора в умовах закритого ґрунту [5]. Збір урожаю помідора проводили всі місяці плодоношення (червень – жовтень) три рази на тиждень згідно ДСТУ 3246–95 [9]. Облік і спостереження у досліді проводили згідно із загальноприйнятими методиками відповідно «Методики дослідної справи в овочівництві та баштанництві» [4]. Економічну ефективність розраховували на основі вартості врожаю і додаткових витрат на отримання, для кожного варіанту за фактичними даними.

**Результати досліджень.** Упродовж двох років досліджень проводили спостереження за проходженням фенологічних фаз росту і розвитку рослин помідора. За результатами встановлено, що істотних відмінностей у перебігу основних фенологічних фаз між роками не виявлено, що свідчить про стабільність реакції досліджуваних гібридів на умови вирощування.

Посів насіння здійснювали 20 березня. У фазі першого справжнього листка (6 квітня) проводили пікірування рослин у подвійні мінераловатні кубики. Через 10 діб після пікірування розсаду розставляли у розсадному відділенні за густоти стояння 20 рослин на  $\text{м}^2$ , що сприяло формуванню збалансованого типу росту та оптимальному закладанню першого суцвіття.

Виставляння розсади гібридів у теплицю на постійне місце вирощування проводили на 32 добу після появи сходів (25 квітня) без безпосереднього контакту

з мінераловатним субстратом. Такий агроприйом забезпечував інтенсивний розвиток кореневої системи в межах кубика та підвищував адаптаційну здатність рослин. На момент виставляння розсада характеризувалася вирівняним розвитком, добре сформованим листовим апаратом і наявністю першої китиці. У фазі цвітіння першої квітки на першому суцвітті рослини висаджували безпосередньо у субстрат (30 квітня), що створювало оптимальні умови для подальшого росту і розвитку.

Встановлено суттєві відмінності між гібридами за тривалістю періоду від появи сходів до початку плодоношення. Найменшою вона була у гібриду Мей Шуай F<sub>1</sub> (контроль) – 88 діб, що на 6 діб менше порівняно з гібридами Есміра F<sub>1</sub>, Мануса F<sub>1</sub> та Зухраза F<sub>1</sub> (94 доби). Відповідно, початок плодоношення у контрольного гібриду відмічено 20 червня, тоді як у інших досліджуваних гібридів – 26 червня, що свідчить про його вищу ранньостиглість.

Завершення плодоношення у всіх варіантах було одночасним: останній збір плодів проводили 5 жовтня, а відмирання рослин відмічено 10 жовтня. Це зумовлено уніфікованими умовами вирощування та однаковими строками завершення технологічного циклу. Водночас встановлено відмінності у тривалості періоду плодоношення: у гібриду Мей Шуай F<sub>1</sub> він становив 108 діб, що на 6 діб більше порівняно з гібридами Есміра F<sub>1</sub>, Мануса F<sub>1</sub> та Зухраза F<sub>1</sub> (102 доби). Загальна тривалість вегетаційного періоду у всіх варіантах була однаковою – 200 діб.

Аналіз біометричних показників за 2022–2023 рр. свідчить про істотну диференціацію гібридів за морфологічними та продуктивними ознаками (табл. 1).

За довжиною основного стебла переважали гібриди Мей Шуай F<sub>1</sub> (314,5 см) та Зухраза F<sub>1</sub> (309,4 см), тоді як Мануса F<sub>1</sub> формував дещо менші значення (300,5 см), а мінімальні показники відмічено у Есміра F<sub>1</sub> (274,6 см). Подібна закономірність встановлена за кількістю листків: максимальні значення характерні для Мей Шуай F<sub>1</sub> (45,9 шт.) та Зухраза F<sub>1</sub> (44,1 шт.), середні – для Мануса F<sub>1</sub> (42,5 шт.), мінімальні – для Есміра F<sub>1</sub> (37,4 шт.).

За показниками генеративного розвитку рослин встановлено перевагу гібридів Зухраза F<sub>1</sub> (9,9 шт.) та Мануса F<sub>1</sub> (9,8 шт.) за кількістю квітучих китиць, що незначно перевищує контроль (9,6 шт.). Найменші значення відмічено у Есміра F<sub>1</sub> (8,9 шт.). Аналогічна тенденція характерна для кількості китиць, з яких отримано плоди: максимальні значення сформував Мануса F<sub>1</sub> (9,2 шт.), далі Зухраза F<sub>1</sub> (8,9 шт.), що перевищує контроль (8,4 шт.), тоді як мінімальні значення відмічено у Есміра F<sub>1</sub> (8,1 шт.).

За кількістю плодів з рослини виділяється гібрид Мануса F<sub>1</sub> – 41,1 шт., що перевищує контроль (38,6 шт.) на 6,5 %. Гібрид Зухраза F<sub>1</sub> мав близький до контролю рівень (38,8 шт.), тоді як Есміра F<sub>1</sub> характеризувався найнижчим значенням (36,5 шт.). Найбільш виражені відмінності встановлено за середньою масою плоду: у Мануса F<sub>1</sub> – 196,3 г та Зухраза F<sub>1</sub> – 194,6 г, що перевищує контроль (174,1 г) відповідно на 12,8 % та 11,8 %. Найменшу масу плодів сформував гібрид Есміра F<sub>1</sub> – 170,1 г.

Аналіз показників у розрізі років підтвердив вплив умов вегетаційного періоду на формування біометричних ознак. У 2023 році, порівняно з 2022 роком, відмічено підвищення інтенсивності росту рослин (довжина стебла – на 1,3–3,3 %), збільшення кількості листків (на 1,8–4,5 %) та генеративної активності (кількість квітучих китиць – на 2,1–4,2 %). Найбільш виражену реакцію на покращення умов вирощування виявив гібрид Мануса F<sub>1</sub>, у якого зафіксовано істотне зростання кількості сформованих плодів. Таким чином, більш сприятливі погодні умови 2023 року забезпечили вищий рівень реалізації продуктивного потенціалу рослин, однак співвідношення між гібридами за основними біометричними та продуктивними показниками залишалося стабільним.

Динаміка формування плодів гібридів рожевоплідного помідора упродовж 2022–2023 рр. свідчить про чітку залежність рівня врожаю від фаз плодоношення та біологічних особливостей досліджуваних гібридів. На початку плодоношення (червень) встановлено перевагу гібриду Мей Шуай F<sub>1</sub> (контроль) який сформував вищий рівень урожайності – 0,6 кг/м<sup>2</sup>, тоді як у гібридів Есміра

Таблиця 1

**Біометричні показники рослин гібридів рожевоплідного помідора, в середньому за 2022-2023 рр.**

| Біометричні показники вимірювання рослин                       | Гібрид                             |                       |                       |                        | НІР <sub>0105</sub> |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|
|                                                                | Мей Шуай F <sub>1</sub> (контроль) | Есміра F <sub>1</sub> | Мануса F <sub>1</sub> | Зухраза F <sub>1</sub> |                     |
| Загальна довжина основного стебла за весь період вегетації, см | 314,5                              | 274,6                 | 300,5                 | 309,4                  | 4,60-7,56           |
| Кількість листків на рослині за весь період вегетації, шт.     | 45,9                               | 37,4                  | 42,5                  | 44,1                   | 2,19-3,82           |
| Квітучих китиць за весь період вегетації, шт.                  | 9,6                                | 8,9                   | 9,8                   | 9,9                    | 0,27-0,35           |
| Китиці, з яких зібрали плоди за весь період плодоношення, шт.  | 8,4                                | 8,1                   | 9,2                   | 8,9                    | 0,24-0,41           |
| Кількість плодів з рослини за весь період плодоношення, шт.    | 38,6                               | 36,5                  | 41,1                  | 38,8                   | 0,71-1,92           |
| Середня вага плоду за весь період плодоношення, г              | 174,1                              | 170,1                 | 196,3                 | 194,6                  | 2,34-3,61           |

$F_1$ , Мануса  $F_1$  та Зухраза  $F_1$  цей показник становив  $0,4 \text{ кг/м}^2$ . Це підтверджує більш ранню реалізацію генеративного потенціалу контрольного гібриду, що узгоджується з його меншою тривалістю періоду від сходів до початку плодоношення (рис. 2)

У фазі масового плодоношення (липень) гібрид Мей Шуай  $F_1$  (контроль) забезпечив формування врожаю на рівні  $8,1 \text{ кг/м}^2$ . Найвищий показник відзначено у гібрида Мануса  $F_1$  –  $8,8 \text{ кг/м}^2$ , що перевищувало контроль на  $0,7 \text{ кг/м}^2$ , або  $8,6 \%$ . Гібрид Зухраза  $F_1$  сформував урожай на рівні  $8,4 \text{ кг/м}^2$ , що більше за контроль на  $0,3 \text{ кг/м}^2$ , або  $3,7 \%$ . У гібрида Есмїра  $F_1$  цей показник становив  $8,0 \text{ кг/м}^2$ , що на  $0,1 \text{ кг/м}^2$ , або  $1,2 \%$  менше порівняно з контрольним варіантом.

У період плодоношення (серпень–вересень) відмічено посилення диференціації між досліджуваними гібридами за рівнем формування врожаю. Так, у серпні гібриди Мануса  $F_1$  та Зухраза  $F_1$  достовірно перевищували контрольний варіант, формуючи відповідно  $6,1$  та  $5,9 \text{ кг/м}^2$ , що більше на  $0,6$  та  $0,4 \text{ кг/м}^2$ , або  $10,9$  і  $7,3 \%$  порівняно з гібридом Мей Шуай  $F_1$  ( $5,5 \text{ кг/м}^2$ ). В вересні перевага окремих гібридів набула більш вираженого характеру. Зокрема, гібрид Мануса  $F_1$  забезпечив формування врожаю на рівні  $4,4 \text{ кг/м}^2$ , що перевищувало контроль на  $1,2 \text{ кг/м}^2$ , або  $37,5 \%$ . Гібрид Зухраза  $F_1$  сформував  $3,8 \text{ кг/м}^2$ , що більше за контроль на  $0,6 \text{ кг/м}^2$ , або  $18,8 \%$ . Водночас гібрид Есмїра  $F_1$  поступався контрольному варіанту, формуючи  $3,0 \text{ кг/м}^2$ , що менше на  $0,2 \text{ кг/м}^2$ , або  $6,3 \%$  порівняно з Мей Шуай  $F_1$ .

Заключний період плодоношення (жовтень) відзначається зменшенням надходження плодів у всіх варіантах ( $0,2$ – $0,7 \text{ кг/м}^2$ ). Водночас гібриди помідора Мануса  $F_1$  та Зухраза  $F_1$  формували дещо вищі обсяги збору

плодів порівняно з контролем, що свідчить про здатність до підтримки врожайності наприкінці вегетаційного періоду. Завершення плодоношення рослин у жовтні пов'язане з особливостями вирощування в скляних теплицях без обігріву: нічні температури опускаються нижче  $10^\circ\text{C}$ , а рівень сонячної інсоляції стає недостатнім для нормального росту й розвитку рослин рожевоплідних гібридів помідора.

У 2022–2023 рр. встановлено варіабельність загальної врожайності рожевоплідних гібридів помідора за весь період плодоношення. В середньому за роки досліджень найвищу урожайність сформовано рослинами гібрида Мануса  $F_1$  –  $20,3 \text{ кг/м}^2$ , що перевищує контроль (Мей Шуай  $F_1$ ) на  $2,3 \text{ кг/м}^2$  або  $12,8 \%$ . Дещо нижчі, проте також вищі за контроль, показники сформували рослини гібриду Зухраза  $F_1$  –  $19,2 \text{ кг/м}^2$ , що забезпечило прирост врожайності на рівні  $1,2 \text{ кг/м}^2$  або  $6,7 \%$ . Водночас гібрид Есмїра  $F_1$  характеризувався найнижчою загальною урожайністю –  $16,8 \text{ кг/м}^2$ , що на  $1,2 \text{ кг/м}^2$  ( $6,7 \%$ ) менше порівняно з контролем (табл. 2).

Слід відзначити, що різниця між показниками урожайності гібридів помідора Мануса  $F_1$  та Зухраза  $F_1$  порівняно з контролем має позитивну тенденцію до підвищення продуктивності, що може свідчити про їх кращу адаптивність до умов вирощування. Натомість зниження врожайності у гібриду Есмїра  $F_1$  вказує на нижчу реалізацію потенціалу продуктивності в аналогічних умовах.

Результати досліджень товарності плодів рожевоплідних гібридів помідора свідчать про стабільно високий рівень формування товарної продукції та незначну варіабельність показників у розрізі років досліджень, що вказує на відносну стабільність прояву цієї ознаки (табл. 3).

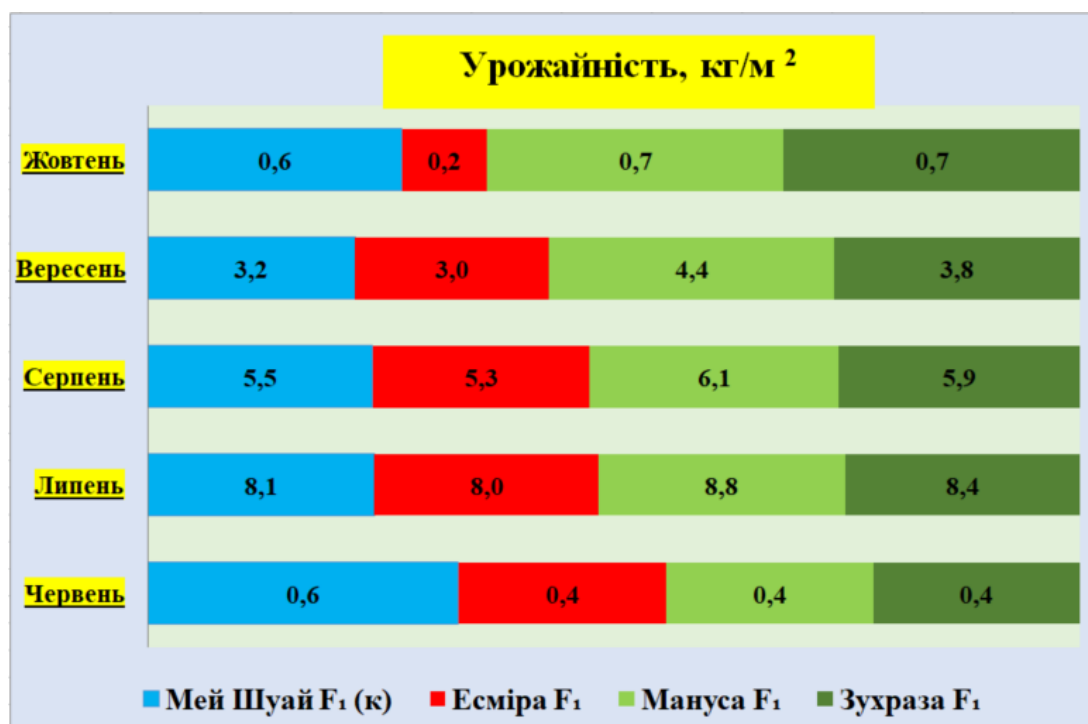


Рис. 2. Динаміка надходження продукції рожевоплідних гібридів помідора, в середньому за 2022-2023 рр.

Таблиця 2

## Урожайність рожевоплідних гібридів помідора за весь період плодоношення

| Гібрид                               | Врожайність, кг/м <sup>2</sup> |         |                     | Прибавка врожайності |      |
|--------------------------------------|--------------------------------|---------|---------------------|----------------------|------|
|                                      | 2022 р.                        | 2023 р. | середня врожайність | кг/м <sup>2</sup>    | %    |
| Мей Шуай F <sub>1</sub> (κ)          | 17,9                           | 18,0    | 18,0                | 0,0                  | 0,0  |
| Есмiра F <sub>1</sub>                | 16,6                           | 17,0    | 16,8                | -1,2                 | -6,7 |
| Мануса F <sub>1</sub>                | 20,1                           | 20,5    | 20,3                | 2,3                  | 12,8 |
| Зухраза F <sub>1</sub>               | 19,1                           | 19,2    | 19,2                | 1,2                  | 6,7  |
| НІР, <sub>05</sub> кг/м <sup>2</sup> | 0,53                           | 0,55    |                     |                      |      |

Таблиця 3

## Товарність плодів рожевоплідних гібридів помідора за весь період плодоношення

| Гібрид                      | Товарність, % |         |                    | Прибавка товарності, % |
|-----------------------------|---------------|---------|--------------------|------------------------|
|                             | 2022 р.       | 2023 р. | середня товарність |                        |
| Мей Шуай F <sub>1</sub> (κ) | 90,2          | 90,0    | 90,1               | 0,0                    |
| Есмiра F <sub>1</sub>       | 86,9          | 87,8    | 87,4               | -2,7                   |
| Мануса F <sub>1</sub>       | 92,1          | 90,9    | 91,5               | 1,4                    |
| Зухраза F <sub>1</sub>      | 92,9          | 93,2    | 93,1               | 3,0                    |

Встановлено, що рівень товарності плодів значною мірою визначався генотиповими особливостями гібридів, а також умовами вирощування, зокрема за відсутності обігріву теплиць. У середньому за період досліджень найвищий рівень товарності забезпечив гібрид Зухраза F<sub>1</sub> – 93,1%, що перевищує контрольний варіант (Мей Шуай F<sub>1</sub>) на 3,0 %. При цьому у контрольного гібриду рівень товарності становив 90,1%, що також свідчить про достатньо високий вихід стандартної продукції. Високими показниками товарності характеризувався і гібрид Мануса F<sub>1</sub> – 91,5 %, що на 1,4 % більше порівняно з контролем, що підтверджує його здатність формувати продукцію з високими товарними якість. Натомість найнижчий рівень товарності плодів встановлено у гібриду Есмiра F<sub>1</sub> – 87,4 %, що на 2,7 % поступається контрольному варіанту, що може свідчити про меншу стабільність формування товарної продукції або вищу частку нетоварних плодів у даних умовах вирощування.

Отримані результати свідчать про наявність чітко виражених генотипових відмінностей у формуванні товарної якості плодів та різний рівень адаптивної здатності гібридів до умов вирощування без обігріву. Це необхідно враховувати при добірi гібридів для виробництва з метою забезпечення високого виходу товарної продукції.

Економічну ефективність вирощування рожевоплідних гібридів помідора в умовах весняно-осінньої культурозміни у скляних теплицях без обігріву оцінювали за сукупністю показників, що характеризують витрати, рівень доходності та кінцеві результати виробництва з урахуванням урожайності та товарності продукції. Формування економічних показників значною мірою зумовлювалось не лише рівнем витрат, а й здатністю гібридів забезпечувати стабільну врожайність і високий відсоток товарної продукції. Товарність плодів у досліджуваних гібридів була високою і коливалася в межах 87,4–91,5 %, що свідчить про їх відповідність вимогам ринку свіжої продукції та придатність до реалізації без значних втрат якості (табл. 4).

Аналіз структури виробничих витрат показав, що в умовах скляних теплиць без обігріву найбільшу частку займали витрати на оплату праці (227,8–258,7 грн./м<sup>2</sup>), що пов'язано з високою трудомісткістю технології вирощування. Витрати на енергоносії залишалися стабільними (92,1 грн./м<sup>2</sup>) і були зумовлені використанням енергії для забезпечення технологічних процесів з вирощування розсади (штучного досвічування та опалення), використання електроенергії для підтримання мікроклімату та поливів в теплиці. Інші складові витрат, зокрема на сировину і матеріали (111,4 грн./м<sup>2</sup>) та постійні витрати (23,9 грн./м<sup>2</sup>), не мали істотних відмінностей між варіантами дослідження. Витрати на упаковку, логістику та маркетинг варіювали в межах 71,1–82,3 грн./м<sup>2</sup> і залежали в основному від урожайності досліджуваних гібридів. У цілому загальні виробничі витрати становили 431,3–462,2 грн./м<sup>2</sup>. Повна собівартість продукції змінювалася в межах 526,3–568,4 грн./м<sup>2</sup> і визначалася ефективністю використання ресурсів та рівнем виходу товарної продукції.

За рахунок поєднання достатньо високої врожайності та високої товарності плодів встановлено суттєві відмінності у рівні доходності між досліджуваними гібридами. Так, у контрольному варіанті (Мей Шуай F<sub>1</sub>) показник доходності становив 734,8 грн./м<sup>2</sup>. У гібриду Есмiра F<sub>1</sub> цей показник був нижчим і складав 665,6 грн./м<sup>2</sup>, що на 69,2 грн./м<sup>2</sup> менше порівняно з контролем, що свідчить про недостатню реалізацію потенціалу урожайності та товарності. Водночас у гібридів Мануса F<sub>1</sub> та Зухраза F<sub>1</sub> відмічено найвищі показники доходності – 830,8 та 798,2 грн./м<sup>2</sup> відповідно, що перевищує контроль на 96,0 та 63,4 грн./м<sup>2</sup>. Отримані результати свідчать про те, що зазначені гібриди відзначаються більш збалансованим поєднанням економічно важливих показників, зокрема врожайності та товарності плодів, що обумовлює підвищення рівня валового доходу з одиниці площі.

Найвищий рівень умовно-чистого прибутку встановлено у гібриду Мануса F<sub>1</sub> (262,4 грн./м<sup>2</sup>), тоді як у гібриду Зухраза F<sub>1</sub> цей показник також був високим і становив

Таблиця 4

Економічна ефективність вирощування рожевоплідних гібридів помідора в середньому за 2022-2023 рр.

| Показник                                                                       | Гібрид                      |                       |                       |                        |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
|                                                                                | Мей Шуай F <sub>1</sub> (к) | Есміра F <sub>1</sub> | Мануса F <sub>1</sub> | Зухраза F <sub>1</sub> |
| Урожайність, кг/м <sup>2</sup>                                                 | 18,0                        | 16,9                  | 20,4                  | 19,2                   |
| Товарність, %                                                                  | 90,1                        | 87,4                  | 91,5                  | 19,2                   |
| Середня ціна реалізації, грн.                                                  | 46,0                        | 46,0                  | 45,6                  | 45,7                   |
| Дохідність з грн./м <sup>2</sup>                                               | 734,8                       | 665,6                 | 830,8                 | 798,2                  |
| Витрати на енергоносії (в тому числі вирощування розсади), грн./м <sup>2</sup> | 92,1                        | 92,1                  | 92,1                  | 92,1                   |
| Витрати на заробітну плату, грн./м <sup>2</sup>                                | 245,4                       | 227,8                 | 258,7                 | 254,1                  |
| Витрати на сировину і матеріали, грн./м <sup>2</sup>                           | 111,4                       | 111,4                 | 111,4                 | 111,4                  |
| Витрати упаковка, логістика, маркетинг грн./м <sup>2</sup>                     | 75,9                        | 71,1                  | 82,3                  | 80,1                   |
| Постійні та інші витрати, грн./м <sup>2</sup>                                  | 23,9                        | 23,9                  | 23,9                  | 23,9                   |
| Загальні витрати на виробництво, грн./м <sup>2</sup>                           | 448,9                       | 431,3                 | 462,2                 | 457,6                  |
| Повна собівартість, грн./м <sup>2</sup>                                        | 548,7                       | 526,3                 | 568,4                 | 561,6                  |
| Умовно чистий прибуток, грн./м <sup>2</sup>                                    | 186,1                       | 139,3                 | 262,4                 | 236,6                  |
| Приріст чистого прибутку, грн./м <sup>2</sup>                                  | 0,0                         | -46,8                 | 76,3                  | 50,5                   |
| Рівень рентабельності, %                                                       | 33,9                        | 26,5                  | 46,2                  | 42,1                   |

236,6 грн./м<sup>2</sup>, що перевищувало контроль відповідно на 76,3 та 50,5 грн./м<sup>2</sup>. У гібриду Есміра F<sub>1</sub> цей показник був найнижчим (139,3 грн./м<sup>2</sup>), що зумовило від'ємний приріст чистого прибутку (-46,8 грн./м<sup>2</sup>). Рентабельність вирощування варіювала в межах 26,5–46,2 %. Найвищий її рівень забезпечив гібрид Мануса F<sub>1</sub> (46,2 %), тоді як гібрид Зухраза F<sub>1</sub> також характеризувався високою рентабельністю (42,1%). Найнижчий показник встановлено у гібриду Есміра F<sub>1</sub> (26,5 %).

#### Висновки та пропозиції.

1. Упродовж дворічних досліджень (2022–2023 рр.) встановлено стабільність проходження основних фенологічних фаз росту і розвитку рослин помідора, що свідчить про адаптивність досліджуваних гібридів до умов вирощування в скляних теплицях без обігріву. Виявлено відмінності між гібридами за тривалістю міжфазних періодів, зокрема ранньостиглістю та тривалістю плодоношення: гібрид помідора Мей Шуай F<sub>1</sub> (контроль) характеризувався найменшим періодом до початку плодоношення та найдовшим періодом віддачі врожаю. За однакової загальної тривалості вегетації (200 діб) це свідчить про його вищу господарську цінність.

2. Аналіз біометричних показників свідчить про чітко виражену диференціацію гібридів помідора за морфологічними та господарсько-цінними ознаками. Найбільшу довжину основного стебла формували рослини гібридів Мей Шуай F<sub>1</sub> контроль (314,5 см) та Зухраза F<sub>1</sub> (309,4 см), дещо меншу – Мануса F<sub>1</sub> (300,5 см), тоді як найнижче значення відмічено у Есміра F<sub>1</sub> (274,6 см). Аналогічна закономірність встановлена в рослин досліджуваних гібридів за кількістю листків: 45,9 шт. у Мей Шуай F<sub>1</sub>, 44,1 шт. у Зухраза F<sub>1</sub>, 42,5 шт. у Мануса F<sub>1</sub> та 37,4 шт. у Есміра F<sub>1</sub>.

За показниками генеративного розвитку перевагу мали гібриди Зухраза F<sub>1</sub> (9,9 квітучих китиць) та Мануса F<sub>1</sub> (9,8 шт.), які також сформували найбільшу кількість плодоносних китиць – відповідно 8,9 та 9,2 шт., що перевищує контроль (8,4 шт.). Найвищу урожайність

формував гібрид Мануса F<sub>1</sub>, який поєднував найбільшу кількість плодів з рослини (41,1 шт.) та їх високу середню масу (196,3 г). Близькі показники за масою плодів відмічено у гібриду помідора Зухраза F<sub>1</sub> (194,6 г). Гібрид Есміра F<sub>1</sub> характеризувався найнижчими значеннями за всіма основними показниками (36,5 плодів; 170,1 г), що свідчить про його меншу господарську цінність у даних умовах вирощування.

3. Встановлено істотну варіабельність урожайності рожевоплідних гібридів помідора та рівня товарності плодів за весь період плодоношення, що свідчить про значний вплив генотипових особливостей на формування господарсько-цінних ознак.

Найвищу середню урожайність сформував гібрид Мануса F<sub>1</sub> – 20,3 кг/м<sup>2</sup>, що перевищує контроль (Мей Шуай F<sub>1</sub>) на 2,3 кг/м<sup>2</sup> або 12,8%. Дещо нижчі, але також вищі за контроль показники відмічено у гібриду Зухраза F<sub>1</sub> – 19,2 кг/м<sup>2</sup> (+1,2 кг/м<sup>2</sup>; +6,7 %). Найменшу урожайність забезпечив гібрид Есміра F<sub>1</sub> – 16,8 кг/м<sup>2</sup>, що на 1,2 кг/м<sup>2</sup> (-6,7 %) поступається контролю, вказуючи на нижчу реалізацію потенціалу продуктивності в умовах дослідження.

Аналіз товарності плодів показав загалом високий вихід стандартної продукції у всіх варіантах. Найвищий рівень товарності сформував гібрид Зухраза F<sub>1</sub> – 93,1% (+3,0 % до контролю), дещо нижчий, але також високий – Мануса F<sub>1</sub> (91,5 %; +1,4 %). У контрольного гібриду Мей Шуай F<sub>1</sub> товарність становила 90,1%. Найнижчий показник відмічено у Есміра F<sub>1</sub> – 87,4 % (-2,7 %), що свідчить про підвищену частку нетоварної продукції.

4. Економічна ефективність вирощування рожевоплідних гібридів помідора визначається комплексною взаємодією рівня виробничих витрат, урожайності та товарності продукції. Найвищу економічну ефективність забезпечив гібрид Мануса F<sub>1</sub>, який за поєднання високої урожайності та значної частки товарної продукції сформував найвищий рівень доходності (830,8 грн./м<sup>2</sup>), умовно-чистого прибутку (262,4 грн./м<sup>2</sup>) та рентабельності



(46,2 %). Дещо нижчі, але також високі економічні показники відмічено у гібриді Зухраза F<sub>1</sub> (доходність – 798,2 грн./м<sup>2</sup>; прибуток – 236,6 грн./м<sup>2</sup>; рентабельність – 42,1%), що свідчить про його ефективне використання виробничих ресурсів. Контрольний гібрид Мей Шуай F<sub>1</sub> характеризувався середнім рівнем економічних показників (доходність – 734,8 грн./м<sup>2</sup>), тоді як гібрид Есміра F<sub>1</sub> виявився найменш ефективним, що зумовлено низькою реалізацією потенціалу урожайності та менш ефективним використанням виробничих ресурсів.

Отримані результати свідчать, що найбільш економічно доцільними для вирощування в умовах скляних теплиць без обігріву є гібриди Мануса F<sub>1</sub> та Зухраза F<sub>1</sub>, які забезпечують оптимальне поєднання урожайності, товарності та рівня рентабельності виробництва.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Александрова Т. Ю. Ефективність застосування стимуляторів росту при вирощуванні рожевоплідного томата в умовах закритого ґрунту. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2025. № 4 (49). DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.2>.
- Александрова Т. Ю. Оцінка за врожайністю та якістю індетермінантних гібридів рожевоплідного помідора в умовах закритого ґрунту. *Аграрні інновації*. 2025. № 30. С. DOI: <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2025.30>.
- Бойко Л. О. Сучасні тенденції розвитку овочевої галузі в умовах євроінтеграції України. *Агросвіт*. 2020. № 6. С. 69–76.
- Бондаренко Г. Л., Яковенко К. І. *Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві*. Харків : Основа, 2022. 369 с.
- Вдовенко С. А., Чернецький В. М., Улянич О. І., Паламарчук І. І. *Овочівництво закритого ґрунту: практикум*. Вінниця, 2017. 136 с.
- Високі стандарти для професійних теплиць : каталог. URL: <https://www.vegetables.bayer.com/ru/ru-ru/products/tomato.html> (дата звернення: 10.10.2025).
- Гаврись І., Панченко А. Формування врожаю гібридів помідора за вирощування у плівковій теплиці. *Modern Engineering and Innovative Technologies*. 2017. С. 116–119. DOI: <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2018-05-03-067>.
- Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2021/sg/ppsgk/ppsgk2021.xls> (дата звернення: 20.06.2024).
- ДСТУ 3246–95. *Томати свіжі. Технічні умови*. [Чинний від 1997–01–01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 10 с.
- Карачун В. Л. Вплив різних строків висаджування розсади помідора гібрида Прунус на економічну ефективність вирощування в умовах зимових плівкових теплиць. *Аграрні інновації*. 2025. № 32. С. 117–123. DOI: <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2025.32.17>.
- Морозова Л. П. Роль іонів магнію для росту і розвитку томатів при вирощуванні в умовах захищеного ґрунту. *Збалансоване природокористування*. 2022. № 4. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2022>.
- Паламарчук І. Д. *Томат у зимових теплицях: агро-технічні прийоми та інноваційні рішення*. Вінниця : Нова Книга, 2019. 188 с.
- Рійк Цваан Україна : офіційний сайт. URL: <https://www.rijkzwaan.ua/> (дата звернення: 10.04.2026).
- Didur I., Vdovenko S., Tkachuk O., Palamarchuk I., Pantsyryeva H., Chabaniuk Ya., Shkatula Yu., Zabarna T., Gucol G. Cultivation of tomatoes using mycorrhizal biological preparations. *Modern Phytomorphology*. 2024. Vol. 18. P. 133–138. DOI: [10.5281/zenodo.200121](https://doi.org/10.5281/zenodo.200121).
- FAOSTAT. FAO Statistical Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2024. URL: <https://www.fao.org/statistics/en> (дата звернення: 20.06.2024).
- He F., Thiele B., Watt M., Kraska T., Ulbrich A. Effects of Root Cooling on Plant Growth and Fruit Quality of Cocktail Tomato during Two Consecutive Seasons. *Journal of Food Quality*. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/3598172>.
- Karachun V., Lebedynski L. Economic efficiency of cultivation of indeterminate hybrids of cherry tomatoes in winter greenhouses of the steppe area of Ukraine. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*. 2024. Vol. 9. P. 159–168. DOI: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.9.2024.16>.
- Karachun V., Lebedynski L. Economic efficiency of growing different groups of tomatoes in winter greenhouses of the Steppe zone of Ukraine. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2024. Вип. 3 (44). С. 7–13. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-3.1>.

#### REFERENCES:

- Aleksandrova, T. Yu. (2025). Efektyvnist vykorystannia stymulatoriv rostu pry vyroshchuvanni rozhovoplidnoho pomidora v umovakh zakhyshchenoho gruntu [Efficiency of the use of growth stimulants in the cultivation of pink-fruited tomato under protected ground conditions]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*, (4(49)). <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.2> [in Ukrainian].
- Aleksandrova, T. Yu. (2025). Otsinka vrozhaivosti ta yakosti indeterminate hybridiv rozhovoplidnoho pomidora v umovakh zakhyshchenoho gruntu [Evaluation of yield and quality of indeterminate hybrids of pink-fruited tomato under protected ground conditions]. *Agrarni innovatsii*, (30). <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2025.30> [in Ukrainian].
- Boiko, L. O. (2020). Suchasni tendentsii rozvytku ovochivnytstva v umovakh yevropeiskoi intehratsii Ukrainy [Current trends in the development of the vegetable industry in the context of European integration of Ukraine]. *Ahrosvit*, (6), 69–76 [in Ukrainian].
- Bondarenko, H. L., & Yakovenko, K. I. (2022). Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi [Methodology of experimental research in vegetable and melon growing]. Kharkiv: Osнова [in Ukrainian].
- Didur, I., Vdovenko, S., Tkachuk, O., Palamarchuk, I., Pantsyryeva, H., Chabaniuk, Ya., Shkatula, Yu., Zabarna, T., & Gucol, G. (2024). Vyroshchuvannia pomidoriv iz zas-tosuvanniam mikoryznykh biopreparativ [Cultivation of tomatoes using mycorrhizal biological preparations]. *Modern Phytomorphology*, 18, 133–138. <https://doi.org/10.5281/zenodo.200121>
- FAOSTAT. (2024). Statystychna baza danykh FAO [FAO statistical database]. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/statistics/en>

7. Havrys, I., & Panchenko, A. (2017). Formuvannia vrozhaiu hibrydiv pomidora v umovakh plivkovykh teplyts [Formation of yield of tomato hybrids under film greenhouse conditions]. *Modern Engineering and Innovative Technologies*, 116–119. <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2018-05-03-067>
8. He, F., Thiele, B., Watt, M., Kraska, T., & Ulbrich, A. (2019). Vplyv okholodzhennia korenevoi systemy na rist roslyn i yakist plodiv koktejlnoho pomidora protiahom dvokh sezoniv [Effects of root cooling on plant growth and fruit quality of cocktail tomato during two consecutive seasons]. *Journal of Food Quality*. <https://doi.org/10.1155/2019/3598172>
9. Karachun, V. L. (2025). Vplyv riznykh strokiv vysadky rozsadu hibryda pomidora Prunus na ekonomichnu efektyvnist vyroshchuvannia v zymovykh plivkovykh teplytsiakh [Influence of different planting dates of tomato hybrid Prunus seedlings on economic efficiency of cultivation in winter film greenhouses]. *Agrarni innovatsii*, (32), 117–123. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.32.17> [in Ukrainian].
10. Karachun, V., & Lebedynski, L. (2024). Ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannia indeterminantnykh hibrydiv tomata cheri v zymovykh teplytsiakh stepovoi zony Ukrainy [Economic efficiency of cultivation of indeterminate hybrids of cherry tomatoes in winter greenhouses of the steppe area of Ukraine]. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnychkh nauk*, 9, 159–168. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.9.2024.16>
11. Karachun, V., & Lebedynski, L. (2024). Ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannia riznykh hrup pomidora v zymovykh teplytsiakh stepovoi zony Ukrainy [Economic efficiency of growing different groups of tomatoes in winter greenhouses of the Steppe zone of Ukraine]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*, 3(44), 7–13. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-3.1>
12. Morozova, L. P. (2022). Rol ioniv mahniiu u rosti ta rozvytku pomidora v umovakh zakhyshchenoho gruntu [The role of magnesium ions in the growth and development of tomatoes under protected ground conditions]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*, (4). <https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2022> [in Ukrainian].
13. Palamarchuk, I. D. (2019). Pomidor u zymovykh teplytsiakh: ahrotekhnika ta innovatsiini rishennia [Tomato in winter greenhouses: Agrotechnical practices and innovative solutions]. *Vinnytsia: Nova Knyha* [in Ukrainian].
14. Rijk Zwaan Ukraine. (2026). Ofitsiinyi sait [Official website]. <https://www.rijkszwaan.ua/>
15. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. (2024). Statystychni dani [Statistical data]. Retrieved June 20, 2024, from <http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2021/sg/ppsgk/ppsgk2021.xls> [in Ukrainian].
16. Derzhavnyi standart Ukrainy DSTU 3246–95. (2010). Pomidory svizhi. Tekhnichni umovy [Fresh tomatoes. Specifications]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
17. Vdovenko, S. A., Chernetskyi, V. M., Ulianych, O. I., & Palamarchuk, I. I. (2017). Ovochivnytstvo zakhyshchenoho gruntu: praktychnyi kurs [Vegetable growing in protected ground: Practical course]. *Vinnytsia* [in Ukrainian].
18. Vegetables Bayer. (2025). Vysoki standarty dlia profesiynykh teplyts: kataloh [High standards for professional greenhouses: Catalog]. Retrieved October 10, 2025, from <https://www.vegetables.bayer.com/ru-ru/products/tomato.html>

**Карачун В.Л., Лебединський І.В., Галагуря А.О.**  
**Агробіологічна оцінка та економічна ефективність вирощування гібридів рожевоплідного помідора у весняно-осінній культурозміні в скляних теплицях без обігріву**

У статті висвітлено результати комплексних досліджень, спрямованих на агробіологічну оцінку та визначення економічної ефективності вирощування індетермінантних гібридів рожевоплідного помідора у весняно-осінній культурозміні в умовах скляних теплиць без обігріву. Актуальність роботи обумовлена сучасними викликами функціонування галузі овочівництва закритого ґрунту, зокрема зростанням вартості енергоресурсів, технічною зношеністю тепличних споруд та необхідністю впровадження енергоощадних технологій виробництва. Метою дослідження було здійснення порівняльної агробіологічної оцінки гібридів рожевоплідного помідора та наукове обґрунтування доцільності їх вирощування у весняно-осінньому обороті в умовах скляних теплиць без обігріву. Експериментальні дослідження проводили упродовж 2022–2023 рр. із використанням технології малооб'ємної гідропоніки на мінераловатному субстраті в умовах виробництва. Об'єктами дослідження були індетермінантні гібриди Мей Шуай F<sub>1</sub> (контроль), Мануса F<sub>1</sub>, Зухраза F<sub>1</sub> та Есміра F<sub>1</sub>. У результаті досліджень встановлено, що всі досліджувані гібриди характеризуються достатнім рівнем адаптивності до умов вирощування у скляних теплицях без обігріву, що підтверджується стабільністю проходження основних фенологічних фаз розвитку. Виявлено істотну диференціацію за біометричними показниками, інтенсивністю ростових процесів та формуванням генеративних органів. Найвищий рівень продуктивності забезпечив гібрид Мануса F<sub>1</sub>, урожайність якого становила 20,3 кг/м<sup>2</sup>, що на 12,8 % перевищує контрольний варіант. Високими показниками також характеризувався гібрид Зухраза F<sub>1</sub> (19,2 кг/м<sup>2</sup>), тоді як найнижчу реалізацію продуктивного потенціалу відмічено у гібриді Есміра F<sub>1</sub> (16,8 кг/м<sup>2</sup>). Встановлено, що досліджувані гібриди формують високий рівень товарності продукції, який варіює залежно від генотипу, з максимальним значенням у гібриду Зухраза F<sub>1</sub> (93,1%). Економічна оцінка результатів дослідження засвідчила, що найвищі показники доходності, умовно-чистого прибутку та рівня рентабельності отримано за вирощування гібриду Мануса F<sub>1</sub> (46,2 %), що обумовлено оптимальним поєднанням високої урожайності та значної частки стандартної продукції. Дещо нижчі, проте стабільно високі економічні показники характерні для гібриду Зухраза F<sub>1</sub>. На основі проведених досліджень доведено доцільність використання весняно-осінньої культурозміни як енергоощадного елемента технології вирощування помідора в умовах скляних теплиць без обігріву. Найбільш перспективними для впровадження у виробництво є гібриди Мануса F<sub>1</sub> та Зухраза F<sub>1</sub>, які забезпечують високий рівень реалізації біологічного потенціалу та економічної ефективності.

**Ключові слова:** помідор, індетермінантні гібриди, рожевоплідні помідори, захищений ґрунт, теплиці без обігріву, урожайність, товарність, економічна ефективність.

**Karachun V.L., Lebedynskyi I.V. Agrobiological Assessment and Economic Efficiency of Growing Pink-Fruited Tomato Hybrids in the Spring–Autumn Crop Rotation in Unheated Glass Greenhouses**

The article presents the results of comprehensive research aimed at the agrobiological assessment and evaluation of the economic efficiency of growing indeterminate pink-fruited tomato hybrids in a spring–autumn crop rotation under unheated glass greenhouse conditions. The relevance of the study is driven by current challenges in protected vegetable production, including rising energy costs, the technical deterioration of greenhouse facilities, and the need to implement energy-saving cultivation technologies. The objective of the study was to conduct a comparative agrobiological assessment of pink-fruited tomato hybrids and to substantiate the feasibility of their cultivation in a spring–autumn cycle in unheated glass greenhouses. The experiments were carried out in 2022–2023 using low-volume hydroponic technology on a mineral wool substrate under commercial production conditions. The study involved indeterminate hybrids Mei Shuai F<sub>1</sub> (control), Manusa F<sub>1</sub>, Zukhraza F<sub>1</sub>, and Esmira F<sub>1</sub>. The results demonstrated that all hybrids exhibited a sufficient level of adaptability to unheated greenhouse conditions, as evidenced by the

stable progression of key phenological stages. Significant differences were identified in biometric parameters, growth intensity, and the formation of generative organs. The highest yield was obtained from the Manusa F<sub>1</sub> hybrid (20.3 kg/m<sup>2</sup>), exceeding the control by 12.8%. High productivity was also recorded for the Zukhraza F<sub>1</sub> hybrid (19.2 kg/m<sup>2</sup>), while the lowest yield was observed in the Esmira F<sub>1</sub> hybrid (16.8 kg/m<sup>2</sup>). All hybrids ensured a high level of marketable yield, varying by genotype, with the highest value observed in Zukhraza F<sub>1</sub> (93.1%). Economic analysis showed that the highest profitability, net income, and profitability level (46.2%) were achieved with the Manusa F<sub>1</sub> hybrid, due to the optimal combination of high yield and a large share of marketable produce. Slightly lower but consistently high economic performance was observed for the Zukhraza F<sub>1</sub> hybrid. The study confirms the feasibility of using the spring–autumn crop rotation as an energy-efficient component of tomato cultivation technology in unheated glass greenhouses. The Manusa F<sub>1</sub> and Zukhraza F<sub>1</sub> hybrids are identified as the most promising for commercial production due to their high biological potential and economic efficiency.

**Key words:** tomato, indeterminate hybrids, pink-fruited tomatoes, protected cultivation, unheated greenhouses, yield, marketable yield, economic efficiency.

Дата першого надходження статті до видання: 29.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026



## МОРСЬКІ ВОДОРОСТІ ЯК ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ СОЇ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ В УКРАЇНІ

КЕДРУН О.В. – аспірант  
[orcid.org/0009-0005-5973-4441](https://orcid.org/0009-0005-5973-4441)

Національний університет водного господарства та природокористування

**Постановка проблеми.** Соя на сьогоднішній день залишається однією із основних польових культур в Україні, в тому числі для агроґрунтової зони Західного Полісся. Тому питання моніторингу засобів її врожайності в умовах інтенсивного землеробства є надзвичайно актуальним. За інформацією Мінагрополітики, в умовах повномасштабного вторгнення в 2022 році українські аграрії зібрали сою з 1,5 млн га, отримавши 3,7 млн. тонн врожаю. Порівняно з мирним 2021 роком, площі під цією культурою збільшились на 4%. У 2026 році через війну у Перській затоці і, як наслідок здорожчання азотних добрив, соя знову стає важливою культурою, на яку с/г виробники покладають великі надії в цей складний період. Соя має унікальну здатність фіксувати безкоштовний атмосферний азот за допомогою бульбочкових бактерій. Однак, для ефективної роботи цього симбіозу необхідні сприятливі умови для роботи нітрогенази. Соя добре реагує на позакореневе внесення екстракту морських водоростей. Вони є важливим елементом сучасних технологій вирощування цієї культури, які дозволяють отримувати стабільні високі врожаї та забезпечувати продовольчу безпеку. Морські водорості (особливо *Ascophyllum nodosum*) – це потужні біостимулятори, які підвищують врожайність та стійкість до стресів. Вони містять цитокініни (стимулюють поділ клітин і затримують старіння), ауксини (розвиток кореневої системи), бетаїни (антистрес), амінокислоти (швидке живлення), мікроелементи (Zn, Mn, B та інші), полісахариди (альгінати – покращення ґрунту). Основні ефекти, які дають ці водорості на сої, наступні: кращий старт і розвиток коренів (активують кореневу систему, покращують симбіоз із бульбочковими бактеріями – більша фіксація азоту), покращення цвітіння і зав'язування (зменшення опадання квітів, підвищення кількості бобів, особливо важливе застосування у фазі бутонізація–цвітіння), ключовий антистресовий ефект (посуха, перепади температур, гербіцидний стрес) – працюють як «біологічний буфер», підвищення врожайності (більша кількість бобів на рослині, кращий налив зерна, вища маса тисячі насінин), покращення засвоєння елементів (краще використання азоту, фосфору, мікроелементів).

В сьогоднішній час активного розвитку тваринництва підвищився попит на білок, основним джерелом якого залишається соя. При цьому наслідки глобального потепління для Західного Полісся дозволили отримувати досить високі врожаї раніше нехарактерної для

регіону цієї сільськогосподарської культури. У зв'язку із цим, дослідження впливу морських водоростей на врожайність сої є досить актуальною проблемою для сучасного агровиробництва в умовах Полісся.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** із проблем оцінки ефективності систем живлення сої морськими водоростями *Ascophyllum nodosum* показав недостатній рівень її розкриття [1-2, 6-9]. Попередні дослідження підтвердили підвищення показників врожайності сої від застосування морських водоростей [1]. Також було встановлено високу ефективність впливу на врожайність сої системи позакореневого підживлення екстрактами морських водоростей [2].

Що стосується вивчення дії системи підживлення екстрактом морських водоростей *Ascophyllum nodosum*, то моніторинг літературних джерел з 2011 року виявив недостатню кількість результатів подібних досліджень, що підтверджує новизну та актуальність висвітлених результатів досліджень у представленій науковій публікації.

**Метою** дослідження було оцінити ефективність позакореневого застосування екстракту морських водоростей *Ascophyllum nodosum* на формування врожайності та якості зерна сої в умовах Західного Полісся України за сучасних кліматичних змін. Об'єктом досліджень були процеси формування врожаю сої сереньораннього сорту STINE11N20 (США) на темно-сірих ґрунтах. Предметом досліджень були показники врожайності сої.

**Матеріали та методика досліджень.** Польові дослідження проводились впродовж 2023 року у польовому досліді ТОВ «Агрохолдинг Зоря» на дослідному полігоні у с. Зоря Рівненського району Рівненської області. Дослідний полігон розташований біля автодороги Рівне-Луцьк за 18 км від обласного центру м. Рівне. ґрунти на дослідному полігоні – темносірі, середнього та важко-суглинкового механічного складу. Вміст гумусу – 3,5-3,9%, рН ґрунту – 5,3-5,7 (слабокислий).

Дослідження проводились на сої сорту STINE11N20 (оригіатор – компанія STINE, США). Особливість даного сорту сої: негмо, стійка до діючої речовини трибенурон-метил.

Для дослідів був обраний препарат EnerGreen Premium OCEAN вітчизняного виробництва: ТОВ «Агрохім Технології» (Хмельницька область).

**Характеристики препарату EnerGreen Premium OCEAN:**

рН–8,5–10,5; густина –1,11 г/л.



*Вміст елементів:*

Екстракт морських водоростей *Ascophyllum nodosum* (еквівалентно вмісту синтетичних фітогормонів 132 ppm/л), містить фітогормони (цитокініни – 75%, гібереліни – 22%, ауксини – 2%), бетаїни, амінокислоти та вітаміни.

Технологія вирощування сої була класичною, із застосуванням засобів захисту рослин (ЗЗР) та мікродобрих (МКД) для позакореневого підживлення (табл. 1). Попередник – пшениця озима (сорт Маттус, оригінал – Strube, Німеччина). Обробіток ґрунту передбачав здійснення послідовно таких технологічних заходів: осіння оранка на глибину до 25 см, весняна культивация

до 12 см. Посів здійснювався посівним комплексом HORSCH з міжряддям 30 см, з нормою висіву 500 тисяч насінин на га, глибина посіву 3–4 см. В якості основного живлення використовувався сухий інокулянт для фіксації атмосферного азоту Premium Inoculant виробництва компанії Legume Technology (Сполучене Королівство).

Період досліджень 2023 рік за метеорологічними умовами був більш-менш однорідним, в цілому характеризувався як достатньо зволожений (ГТК=1,00). Гідротермічні умови наближалися до оптимуму.

**Результати досліджень.** Врожайність сої без застосування мікродобрих становила 2,56 т/га (контрольна



**Рис. 1.** Сорт сої, що досліджувався, у фазі 3–5 трійчастих листка

Таблиця 1

## Система захисту сої

| Вид роботи                     | Строки проведення                                                         | Назва сорту, ЗЗР, МКД                                                                                                                                              | Одиниці виміру | Норми застосування на 1 га |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------|
| 1                              | 2                                                                         | 3                                                                                                                                                                  | 4              | 5                          |
|                                |                                                                           | STINE 11N20                                                                                                                                                        | т              | 0,100                      |
| Передпосівний обробіток ґрунту | Нерозривний процес з посівом, температура ґрунту на глибині 5 см 12-14 °С |                                                                                                                                                                    |                |                            |
| Протруєння насіння             | обробка насіння                                                           | <b>Тевірон</b><br>флутриафол, 30 г/л + тіабендазол, 45 г/л                                                                                                         | л/т            | 1,8                        |
|                                |                                                                           | <b>Roots</b><br>P2O5 – 97,7 г/л; N – 40,5 г/л; K2O – 29,8 г/л; Zn – 27,5 г/л (EDTA); SO3 – 19,3 г/л; Cu – 9,1 г/л (EDTA); Mn – 5,4 г/л (EDTA); Fe – 3,2 г/л (DTPA) | л/т            | 1,0                        |
|                                |                                                                           | <b>Humic</b><br>гумінові кислоти у формі калійної солі, 200 г/л                                                                                                    | л/т            | 1,0                        |
|                                |                                                                           | <b>Локер</b><br>тіаметоксам, 350 г/л                                                                                                                               | л/т            | 0,5                        |
| Посів                          | Глибина заробки насіння 3-4 см                                            |                                                                                                                                                                    |                |                            |

Закінчення табл. 1

| 1                                   | 2                                         | 3                                                                                                                                                                                                                     | 4     | 5             |
|-------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------|
| Грунтові гербіциди                  | внесення після посіву до появи сходів     | Не потребує                                                                                                                                                                                                           |       |               |
| I внесення страхових гербіцидів     | фаза 3-5 трійчастих листків               | Вода                                                                                                                                                                                                                  | л/га  | 200           |
|                                     |                                           | <b>Тамерлон</b><br>трибенурон-метил, 750 г/кг                                                                                                                                                                         | кг/га | 0,025         |
|                                     |                                           | <b>Тайган</b><br>тифенсульфурон-метил, 750 г/кг                                                                                                                                                                       | кг/га | 0,010         |
|                                     |                                           | <b>Тор</b><br>лямбда – цигалотрин, 50 г/л                                                                                                                                                                             | л/га  | 0,2           |
|                                     |                                           | <b>Дроп 90</b><br>прилипач                                                                                                                                                                                            | л/га  | 0,3           |
| II внесення                         | Стимул. дія                               | <b>Amino</b><br>екстракт вільних L-амінокислот рослинного походження, 200 г/л                                                                                                                                         | л/га  | 1,0           |
|                                     |                                           | <b>Mollium</b><br>Со – 8 г/л (EDTA); Мо – 80 г/л                                                                                                                                                                      | л/га  | 0,5           |
| III внесення гербіцидів             | не раніше 3-х днів після першого внесення | Вода                                                                                                                                                                                                                  | л/га  | 150           |
|                                     |                                           | <b>Халк</b><br>флуазифоп-П-бутил, 150 г/л                                                                                                                                                                             | л/га  | 1,0           |
| IV внесення фунгіциди + інсектициди | фаза початок бутонізації                  | Вода                                                                                                                                                                                                                  | л/га  | 200           |
|                                     |                                           | <b>Візерд</b><br>тіофанат-метил, 310 г/л + епоксиконазол, 120 г/л + тебуконазол, 70 л/г                                                                                                                               | л/га  | 0,6           |
|                                     |                                           | <b>Шокер</b><br>імідаклоприд, 300 г/л + лямбда-цигалотрин, 100 г/л                                                                                                                                                    | л/га  | 0,2           |
|                                     |                                           | <b>Осеан</b><br>екстракт морських водоростей <i>Ascophyllum nodosum</i>                                                                                                                                               | л/га  | <b>Дослід</b> |
|                                     |                                           | <b>В</b><br>боретаноламін, 150 г/л                                                                                                                                                                                    | л/га  | 1,0           |
|                                     |                                           | <b>Amino</b><br>екстракт вільних L-амінокислот рослинного походження, 200 г/л                                                                                                                                         | л/га  | 1,0           |
|                                     |                                           | <b>Дроп 90</b><br>прилипач                                                                                                                                                                                            | л/га  | 0,3           |
| V внесення                          | завершення                                | Вода                                                                                                                                                                                                                  | л/га  | 200           |
|                                     |                                           | <b>Каскад</b><br>азоксистробін, 250 г/л                                                                                                                                                                               | л/га  | 0,6           |
|                                     |                                           | <b>Тімед</b><br>тіаметоксам, 141 г/л + лямбда-цигалотрин, 106 г/л                                                                                                                                                     | л/га  | 0,2           |
|                                     |                                           | <b>Amino</b><br>екстракт вільних L-амінокислот рослинного походження, 200 г/л                                                                                                                                         | л/га  | 1,0           |
|                                     |                                           | <b>Soybean</b><br>N – 103,9 г/л; SO3 – 56,9 г/л;<br>MgO – 20,8 г/л (EDTA); В – 15 г/л;Mn – 9,2 г/л (EDTA);<br>Мо – 3 г/л (EDTA); Cu -1,5 г/л (EDTA);<br>Fe – 1,2 г/л (DTPA); Zn – 1,2 г/л (EDTA); Co – 0,3 г/л (EDTA) | л/га  | 2,0           |
|                                     |                                           | <b>Дроп 90</b><br>прилипач                                                                                                                                                                                            | л/га  | 0,3           |
| Десикація                           |                                           | Десатдикват дибромід, 150 г/л                                                                                                                                                                                         | л/га  | 3,0           |

ділянка). Висота рослин складала 88-94 см. Кількість стебел другого порядку, які розміщені на центральному стеблі, в середньому становила 2-3. На рослинах нараховувалось 43-50 бобиків, в середньому боби сформували по 3 насінини. Вміст білка становив 37,0%.

При застосуванні препарату EnerGreen Premium OCEAN в нормі 0,5 л/га спостерігалися наступні показники: врожайність – 2,89 т/га (приріст 0,33 т/га або 12,9 % в порівнянні з контролем). Висота рослин 89-95 см. Кількість стебел другого порядку 4-6, кількість



**Рис. 2. Сорт сої, що досліджувався, у фазі бутонізації**



**Рис. 3. Сорт сої, що досліджувався, у фазі дозрівання бобів (перед збиранням врожаю)**

бобів – від 46 до 54, кількість зернин в бобах – переважно 3. Вміст білка – 37,2%.

При застосуванні препарату EnerGreen Premium OCEAN в нормі 1,0 л/га отримали наступні показники: врожайність – 3,29 т/га (приріст 0,73 т/га або 28,8 % в порівнянні з контролем). Висота рослин 92-98 см. Кількість стебел другого порядку 5-11, кількість

бобів – від 51 до 67, кількість зернин в бобах – від 3 до 4. Вміст білка – 37,5%.

При застосуванні препарату EnerGreen Premium OCEAN в нормі 1,5 л/га спостерігали наступні показники: врожайність – 3,36 т/га (приріст 0,80 т/га або 31,3 % в порівнянні з контролем). Висота рослин 93–101 см. Кількість стебел другого порядку 6–12,





Рис. 4. Окрема рослина сорту сої, що досліджувався, у фазі дозрівання бобів (перед збиранням врожаю)

Таблиця 2

Зміни якісних показників врожаю сої сорту Stine 11N20 в залежності від норми внесення препарату EnerGreen Premium OCEAN

| Норма внесення препарату, л/га | Висота рослин, см | Кількість стебел, шт | Кількість бобів, шт | Кількість зерен в бобах, шт | Білок, % | Врожайність, т/га | Врожайність контроль, т/га | Приріст врожаю, т/га | Відсоток приросту врожаю |
|--------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------|-----------------------------|----------|-------------------|----------------------------|----------------------|--------------------------|
| 0                              | 88-94             | 2-3                  | 43-50               | 3                           | 37,0     | 2,56              | 2,56                       | 0                    | 0                        |
| 0,5                            | 89-95             | 4-6                  | 46-54               | 3                           | 37,2     | 2,89              | 2,56                       | 0,33                 | 12,9%                    |
| 1,0                            | 92-98             | 5-11                 | 51-67               | 3-4                         | 37,5     | 3,29              | 2,56                       | 0,73                 | 28,5%                    |
| 1,5                            | 93-101            | 6-12                 | 57-72               | 3-4                         | 37,9     | 3,36              | 2,56                       | 0,80                 | 31,3%                    |
| 2,0                            | 94-103            | 7-13                 | 58-75               | 3-4                         | 38,0     | 3,37              | 2,56                       | 0,81                 | 31,6%                    |

кількість бобів – від 57 до 72, кількість зернин в бобах – від 3 до 4. Вміст білка – 37,9%.

При збільшенні норми препарату EnerGreen Premium OCEAN до 2,0 л/га отримали наступні показники: врожайність – 3,37 т/га (приріст 0,81 т/га або 31,6 % в порівнянні з контролем). Висота рослин 94–103 см. Кількість стебел другого порядку 7–13, кількість бобів – від 58 до 75, кількість зернин в бобах – від 3 до 4. Вміст білка – 38,0%.

Нами також були проведені розрахунки економічної ефективності застосування препарату EnerGreen Premium OCEAN для позакореневого підживлення сої у фазі початок бутонізації:

- вартість препарату EnerGreen Premium OCEAN – 512 грн/л;
- вартість тонни урожаю сої з вмістом білка 36,0–37,9% – 18 000 грн;
- вартість тонни урожаю сої з вмістом білка 38,0% і більше – 18 820 грн.

Результати представлені у табл. 3 та на рис. 9.

Таким чином всі досліджені норми внесення препарату є економічно ефективними і окупними, а найбільш рентабельні, очевидно, знаходяться в діапазоні 0,5–1,0 л/га.

**Висновки:** 1. Використання на сої позакореневого екстракту морських водоростей *Ascophyllum nodosum* у фазі початку бутонізації виявилось ефективним. Внесення препарату EnerGreen Premium OCEAN вже на першій досліджуваній ділянці із мінімальною дозою внесення 0,5 л/га збільшило врожайність сої до 2,89 т/га, тобто на 0,33 т/га або на 12,9 % в порівнянні із контролем (2,56 т/га). Вміст білка у зерні збільшився на 0,2% – від 37,0 % до 37,2 %. А на ділянці із максимальним внесенням препарату в нормі 2,0 л/га врожайність становила 3,37 т/га – приріст 0,81 т/га або 31,6 %, вміст білка у зерні склав 38,0 % – приріст 1,0 процентних пункти.

2. Встановлено, що збільшення норми внесення препарату призводить до збільшення врожайності сої, але динаміка цього збільшення після норми 1,0 л/га уповільнюється.



**Рис. 5. Приріст врожайності досліджуваної сої від норми позакореневого внесення препарату EnerGreen Premium OCEAN**

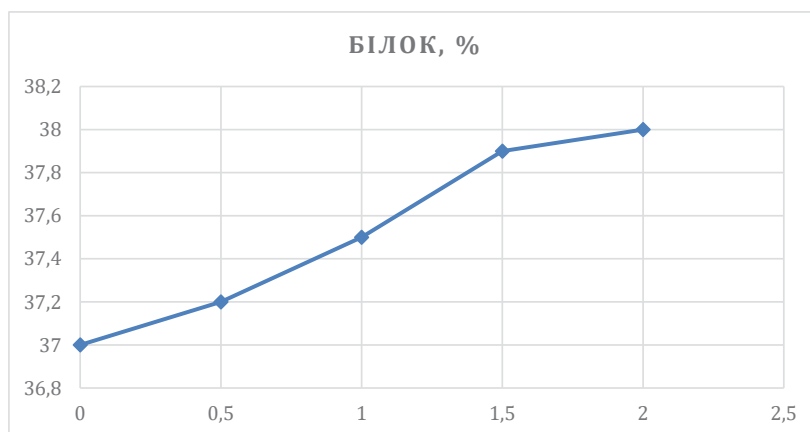


**Рис. 6. Приріст вмісту білку у зерні досліджуваної сої від норми позакореневого внесення препарату EnerGreen Premium OCEAN**



**Рис. 7. Діаграма залежності динаміки приросту врожайності досліджуваної сої від приросту норми внесення препарату EnerGreen Premium OCEAN**

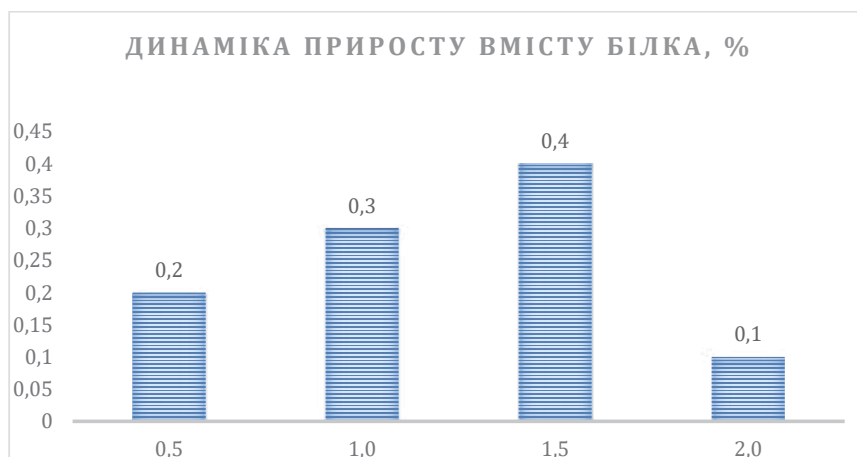


Рис. 8. Діаграма залежності динаміки приросту вмісту білка у зерні досліджуваної сої від норми внесення препарату OCEAN

Таблиця 3

Результати економічної ефективності від застосування препарату EnerGreen Premium OCEAN на сої у фазі початок бутонізації

| Норма препарату, л/га | Вартість препарату, грн/га | Приріст врожайності, т/га | Вартість приросту врожайності, грн/га | Вміст білка у зерні, % | Доплата за вміст білка, грн/т | Загальна вартість приросту, грн/га |
|-----------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| 0,5                   | 256                        | 0,33                      | 5 940                                 | 37,2                   | 0                             | 5 940                              |
| 1,0                   | 512                        | 0,73                      | 13 140                                | 37,5                   | 0                             | 13 140                             |
| 1,5                   | 768                        | 0,80                      | 14 400                                | 37,9                   | 0                             | 14 400                             |
| 2,0                   | 1 024                      | 0,81                      | 14 580                                | 38,0                   | 820                           | 15 400                             |

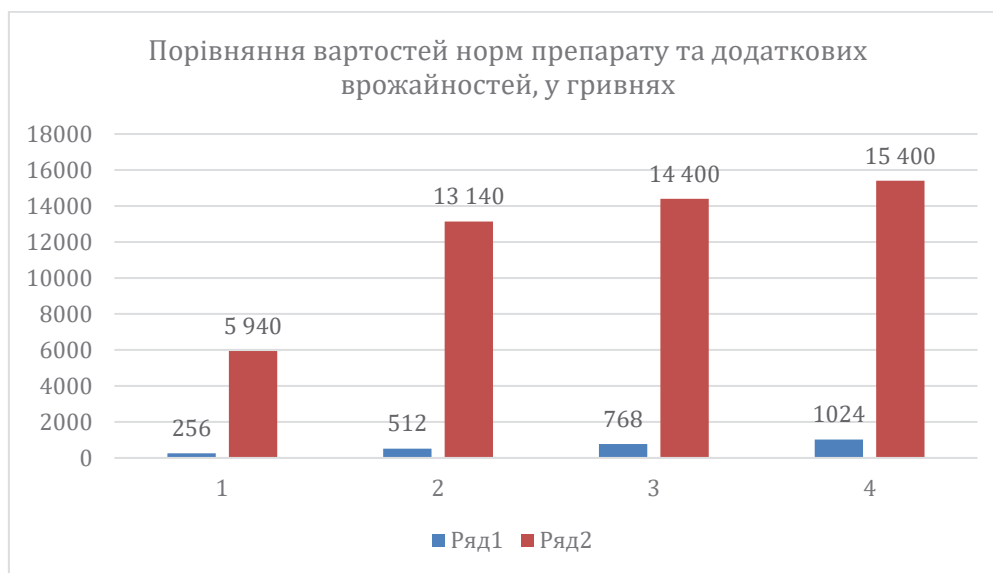


Рис. 9. Діаграма залежності динамік росту вартості норм препарату EnerGreen Premium OCEAN (Ряд1) та вартості отриманого додаткового врожаю (Ряд2)

3. Виявлено, що збільшення норми внесення препарату призводить до збільшення вмісту білка у зерні сої, причому в діапазоні норм препарату 0,5–1,5 л/га отримали зростання динаміки приросту вмісту білка, а в діапазоні 1,5–2,0 л/га спостерігаємо уповільнення динаміки приросту вмісту білка у зерні сої.

4. Всі досліджені норми внесення препарату є економічно ефективними і окупними, а найбільш рентабельні, очевидно, знаходяться в діапазоні 0,5–1,0 л/га. В подальшому, можливо дослідити виявлений діапазон з меншим кроком збільшення норми внесення препарату для виявлення найбільш рентабельної норми.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Санін Ю. В., Санін В. А., Санін О. Ю. Особливості позакореневого підживлення сільськогосподарських культур мікроелементами. *Журнал Агроном.* 2015. № 4(50). С. 31–33. URL: <http://agro-business.com.ua/ahranii-kultury/item/218-osoblyvosti-pozakorenevoho-pidzhyvlennia-silskohospodarskykh-kultur-mikroelementamy.html> (дата звернення: 03.03.2026).
2. Доломанов О. М. Сучасні мікродобрива та інокулянти від ТОВ НВФ «Агро світ». *Зерно.* 2015. № 3(108). С. 194–195.
3. Мельник А. В., Романько Ю. О., Романько А. Ю., Дудка А. А. Вплив погодно-кліматичних параметрів на врожайність зерна сучасних сортів сої в умовах північно-східного лісостепу України. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки.* 2019. Вип. 109(1). С. 76–83. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/tneconn\\_2019\\_109\(1\)\\_14](http://nbuv.gov.ua/UJRN/tneconn_2019_109(1)_14).
4. Polovyy V., Hnativ P., Balkovskyy V., Ivaniuk V., Lahush N., Shestak V., Szulc W., Rutkowska B., Lukashchuk L., Lukyanik M., Lopotych N. The influence of climate changes on crop yields in Western Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2021, 11(1), 384–390 p. doi: [https://doi.org/10.15421/2021\\_56](https://doi.org/10.15421/2021_56). URL: <https://www.ujecology.com/articles/the-influence-of-climate-changes-on-crop-yields-in-western-ukraine.pdf>
5. Veremeenko S., Oleinik O., Furmanets O. Evaluation of the effectiveness of the use of plant growth stimulants on the productivity of agricultural crops. *Journal Sustainable Development*. Varna, 2015. Vol. 4(25). P. 40–44. URL: <https://plus.cobiss.net/cobiss/bg/bg/data/cobib/1277776868>.
6. Польовий В. М., Кулик С. М. Формування фотосинтетичного апарату сої залежно від удобрення та післядії вапнування. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва.* 2016. Вип. 88. Частина 1. С. 60–67.
7. Польовий В. М., Кулик С. М. Вплив застосування добрив та вапнякових меліорантів на поживний режим дерново-підзолистого ґрунту за вирощування сої в умовах Західного Полісся. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України.* 2017. № 269. С. 185–193.
8. Бикін А. В., Генгало Н. О. Ефективність застосування добрив і гумату калію за вирощування сої на чорноземі типовому малогумусному. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України.* 2011. № 162. С. 137–144.
9. Бикін А. В., Генгало О. М., Генгало Н. О. Вплив мінеральних добрив та гумату калію на врожайність і якість насіння сої. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН».* 2011. Вип. 3–4. С. 15–22.
3. Melnyk A. V., Romanko Yu. O., Romanko A. Yu., Dudka A. A. (2019). Vplyv pohodno-klimatichnykh parametriv na vrozhaist zerna suchasnykh sortiv soi v umovakh pivnichno-skhidnoho lisostepu Ukrainy [The influence of weather and climatic parameters on the grain yield of modern soybean varieties in the conditions of the northeastern forest-steppe of Ukraine]. *Kherson, Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriya: Silskohospodarski nauky*, 109(1), 76–83 [in Ukrainian].
4. Polovyy V., Hnativ P., Balkovskyy V., Ivaniuk V., Lahush N., Shestak V., Szulc W., Rutkowska B., Lukashchuk L., Lukyanik M., & Lopotych, N. (2021). The influence of climate changes on crop yields in Western Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology, Kyiv: 11(1)*, 384–390. [https://doi.org/10.15421/2021\\_56](https://doi.org/10.15421/2021_56) [in English].
5. Veremeenko, S., Oleinik, O., & Furmanets, O. (2015). Evaluation of the effectiveness of the use of plant growth stimulants on the productivity of agricultural crops. *Journal of Sustainable Development, Varna: 4(25)*, 40–44. <https://plus.cobiss.net/cobiss/bg/bg/data/cobib/1277776868> [in English].
6. Poloviy V. M., Kulyk S. M. (2016). Formuvannya fotosyntetichnoho aparatu soi zalezno vid udobrennia ta pisliadii vapnuvannia [Formation of the photosynthetic apparatus of soybean depending on fertilization and the aftereffect of liming]. *Uman, Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 88(1), 60–67 [in Ukrainian].
7. Poloviy V. M., Kulyk S. M. (2017). Vplyv zastosuvannia dobryv ta vapniakovykh meliorantiv na pozhyvnyi rezhym dernovo-pidzolistoho ґрунту za vyroshchuvannia soi v umovakh Zakhidnoho Polissia [The influence of the use of fertilizers and limestone ameliorants on the nutrient regime of sod-podzolic soil for soybean cultivation in the conditions of Western Polissya]. *Kyiv, Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy*. 269, p.185–193 [in Ukrainian].
8. Bykin A. V., Henhalo N. O. (2011). Efektyvnist zastosuvannia dobryv i humatu kaliu za vyroshchuvannia soi na chornozemi typovomu malohumusnomu [Efficiency of fertilizer and potassium humate application in soybean cultivation on typical low-humus chernozem]. *Kyiv, Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy*, 162, p.137–144 [in Ukrainian].
9. Bykin A. V., Henhalo O. M., Henhalo N. O. (2011). Vplyv mineralnykh dobryv ta humatu kaliu na vrozhaist i yakist nasinnia soi [The influence of mineral fertilizers and potassium humate on the yield and quality of soybean seeds]. *Chabany, Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva NAAN»*, 3–4, p.15–22 [in Ukrainian].

## REFERENCES:

1. Sanin Yu. V., Sanin V. A., Sanin O. Yu. (2015). Osoblyvosti pozakorenevoho pidzhyvlennia silskohospodarskykh kultur mikroelementamy [Features of foliar fertilization of agricultural crops with microelements]. *Zhurnal Ahronom. Kyiv: 4(50)*, 31–33. [in Ukrainian].
2. Dolomanov O. M. (2015). Suchasni mikrodobryva ta inokulianty vid TOV NVF «Ahro svit» [Modern microfertilizers and inoculants from Agro World LLC]. *Zhurnal Zerno. Kyiv: 3(108)*, 194–195 [in Ukrainian].

**Кедрун О.В. Морські водорості як чинники формування врожаю сої в умовах зміни клімату в Україні**

Метою дослідження було оцінити ефективність позакореневого застосування екстракту морських водоростей *Ascorphyllum nodosum* на формування врожайності та якості зерна сої в умовах Західного Полісся України за сучасних кліматичних змін.

Дослідження проводилися у 2023 році на темно-сірих ґрунтах Рівненської області. У досліді використовували сорт сої STINE 11N20. Застосовували препарат



EnerGreen Premium OCEAN у нормах 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 л/га шляхом позакореневого підживлення у фазі початку бутонізації. Оцінювали показники врожайності, структури врожаю та вмісту білка у зерні.

Встановлено, що застосування екстракту морських водоростей сприяє істотному підвищенню врожайності сої. На контрольному варіанті врожайність становила 2,56 т/га, тоді як за внесення препарату у нормі 2,0 л/га вона зросла до 3,37 т/га, що забезпечило приріст на рівні 31,6%. При цьому відмічено покращення морфологічних показників рослин, зокрема збільшення кількості бобів, кількості насінин у бобах та розвитку вегетативної маси. Вміст білка у зерні підвищився з 37,0% на контролі до 38,0% у варіанті з максимальною нормою внесення. Встановлено, що найбільш інтенсивне зростання врожайності спостерігається у діапазоні норм 0,5-1,0 л/га, після чого темпи приросту знижуються. Економічна оцінка показала, що всі варіанти застосування препарату є прибутковими, проте найбільш рентабельними є норми 0,5-1,0 л/га.

Доведено доцільність використання екстракту морських водоростей *Ascophyllum nodosum* як ефективного біостимулятора у технології вирощування сої. Його застосування забезпечує підвищення врожайності, покращення якості зерна та підвищення економічної ефективності виробництва. Отримані результати свідчать про перспективність використання таких препаратів в умовах змін клімату.

**Ключові слова:** морські водорості; соя; біостимулятори; позакореневе підживлення; врожайність; білок; стресостійкість.

#### **Kedrun O.V. Seaweeds as factors in forming soybean yield under climate change in Ukraine**

The article evaluates the effect of foliar application of seaweed extract *Ascophyllum nodosum* on soybean yield in the soil and climatic conditions of Western Polissya,

Ukraine. Soybeans respond well to foliar application of seaweed extract. They are a product of modern technologies for growing this crop, which allow maintaining stable high yields and ensuring food security. Seaweeds (especially *Ascophyllum nodosum*) are powerful biostimulants that increase yield and stress resistance. They contain cytokinins (stimulate cell division and support aging), auxins (root system development), betaines (anti-stress), amino acids (fast nutrition), trace elements (Zn, Mn, B and others), polysaccharides (alginates – soil improvement). The main effects that these algae have on soybeans are as follows: better root start and development (activate the root system, improve symbiosis with nodule bacteria – greater nitrogen fixation), improved flowering and setting (reduce flower drop, increase the number of beans, especially important use in the budding-flowering phase), key anti-stress effect (drought, temperature changes, herbicide stress) – work as a “biological buffer”, increased yield (more beans per plant, better grain filling, higher thousand-seed weight), improved element assimilation (better use of nitrogen, phosphorus, trace elements). Studies have shown that the use of the drug EnerGreen Premium OCEAN contributes to an increase in soybean yield, as well as an increase in the protein content in the grain. The greatest increase in yield was observed when the drug was applied at a rate of 2.0 l/ha, where the yield was 3.37 t/ha, which is 31.6% more than the control. The protein content in soybean grain also increased from 37.0% to 38.0%. The most effective and economically beneficial was the range of EnerGreen Premium OCEAN application rates from 0.5 l/ha to 1.0 l/ha. The results of the studies confirmed that the use of *Ascophyllum nodosum* seaweed extract has a positive effect on the yield and quality of soybean grain.

**Key words:** seaweed; soybean; *Ascophyllum nodosum*; biostimulants; foliar fertilization; nitrogen; branching; biological buffer; yield; protein; stress resistance.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026  
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026  
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## ЗМІНИ АГРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ҐРУНТУ ЗА РІЗНИХ СПОСОБІВ ЙОГО ОБРОБІТКУ ПРОТЯГОМ ПЕРІОДУ ВЕГЕТАЦІЇ ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР НА ПІВДНІ УКРАЇНИ

**КОЗИРЄВ В.В.** – кандидат сільськогосподарських наук

[orcid.org/0000-0003-4717-3200](https://orcid.org/0000-0003-4717-3200)

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

**РОЙ С.С.** – науковий співробітник

[orcid.org/0000-0002-6821-9709](https://orcid.org/0000-0002-6821-9709)

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

**ПОЛАГЕНЬКО О.С.** – науковий співробітник

[orcid.org/0009-0002-4416-4835](https://orcid.org/0009-0002-4416-4835)

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

**МАКСИМОВ Д.О.** – кандидат сільськогосподарських наук

[orcid.org/0009-0001-7461-6321](https://orcid.org/0009-0001-7461-6321)

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

**ПЕТРИК О.М.** – молодший науковий співробітник

[orcid.org/0009-0003-9924-0214](https://orcid.org/0009-0003-9924-0214)

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

**Постановка проблеми.** Протягом останніх років у багатьох розвинених країнах світу спостерігається стійка тенденція до заміни інтенсивного механічного обробітку ґрунту практиками нульового (no-till) або мінімального (mini-till) обробітку. Відмова від глибокої оранки мінімізує швидкість мінералізації гумусу та запобігає емісії акумульованого CO<sub>2</sub> в атмосферу, сприяючи стабілізації органічної речовини в ґрунті. Такий підхід створює потенціал для отримання аграріями додаткового доходу через механізм реалізації вуглецевих кредитів. Останні є спеціалізованим фінансово-економічним інструментом у межах глобальної стратегії пом'якшення наслідків антропогенних змін клімату. За своєю суттю, один вуглецевий кредит є сертифікованим і верифікованим дозволом на викид однієї тонни діоксиду вуглецю (CO<sub>2</sub>) або еквівалентної кількості інших парникових газів [1, 2, 3].

Південь України належить до зони ризикованого землеробства, де понад половину вегетаційних періодів характеризуються як несприятливі для росту та розвитку польових культур. Це дослідження спрямоване на кількісне визначення змін вмісту основних елементів живлення та органічної речовини в ґрунті під впливом різних способів обробітку в умовах дефіциту зволоження. Особливу увагу приділено динаміці органічної речовини як ключового показника для формування вуглецевих кредитів. Додатково проведено вимірювання емісії CO<sub>2</sub> з поверхні поля та встановлено кореляцію цього показника з інтенсивністю накопичення органічного вуглецю в ґрунті.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання впливу різних способів обробітку на агрофізичні та агрохімічні властивості ґрунту залишається об'єктом активних наукових дискусій протягом останніх 15 років. Зокрема, О. В. Піковська (2013) встановила, що мінімізація обробітку сприяє комплексному покращенню структурного стану чорнозему звичайного [4]. У праці О. А. Цюк обґрунтовано залежність між інтенсивністю обробітку ґрунту та його поживним режимом, що підтверджує позитивну динаміку накопичення елементів живлення за умов енергоощадних технологій [5].

Ж. Г. Ху та Н. Г. Жума досліджували динаміку накопичення органічного вуглецю при вирощуванні різних сортів ячменю. Встановлено, що рівень карбону в ґрунті, мікробній біомасі та водорозчинній органіці був значно вищим для сорту Samson, ніж для сорту Abee на фазах виходу в трубку та колосіння, тоді як на стадіях кущення та дозрівання істотних відмінностей не виявлено. Висока інтенсивність дихання ґрунтових мікроорганізмів протягом 10-денної інкубації за рахунок водорозчинної органіки свідчить про високу біодоступність цієї форми вуглецю [3].

Питання акумуляції органічної речовини в чорноземах також висвітлено у працях вітчизняних учених. Л. В. Центило наводить дані щодо впливу систем обробітку у поєднанні з добривами на гумусний стан чорнозему звичайного. Зафіксовано, що мінімізація механічного впливу сприяє оптимізації вмісту гумусу, а найвищу ефективність забезпечує органо-мінеральна система удобрення (внесення 8 т/га органіки:



4,5 т/га компосту та 3,5 т/га побічної продукції і поживних сидератів) [6].

Водночас дослідження Є. Галабан демонструють, що за традиційної системи обробітку відсоток загального та доступного гумусу може бути вищим, ніж за технології no-till без мінерального живлення. Зокрема, у шарі 0–10 см вміст загального вуглецю за нульового обробітку знизився на 0,07 %, тоді як у шарі 10–20 см спостерігалось його зростання на 0,12 %. У горизонті 20–30 см показники були тотожними для обох варіантів. Також виявлено, що за умови використання системи no-till мікрофлора ґрунту уповільнює мінералізацію азоту у верхньому шарі, що знижує концентрацію його доступних форм [7].

Попри наявність ґрунтової наукової бази, особливості трансформації балансу елементів живлення та органічної речовини залежно від способів обробітку ґрунту в умовах абіотичного стресу (несприятливих погодних умов вегетації) залишаються недостатньо вивченими.

**Мета.** Встановлення закономірностей змін вмісту основних елементів живлення та органічної речовини в ґрунті за несприятливих погодних умов у період вегетації, а також у визначенні впливу на ці процеси різних способів основного обробітку ґрунту.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідні ділянки були закладені на базі ДПДГ «Андріївське» ІКОСГ НААН (с. Андріївка, Білгород-Дністровського району, Одеської області).

Ґрунти на дослідних ділянках – чорноземи звичайні мицелярно-карбонатні неглибокі малогумусні важко-суглинкові на лесі. Вміст гумусу становить 3,9–4,1 %. У досліді проводились агротехнічні заходи, загальнови-знані для умов Півдня України, за винятком основного обробітку ґрунту.

Під час проведення досліджень використовувались математичні, статистичні та лабораторно-аналітичні методи. Дослід був закладений згідно вимог до

проведення польового досліді з використанням сучасних методик [8].

На початку та в кінці вегетаційного періоду в шарі ґрунту 0–30 см, були відібрані зразки ґрунту на кожному з варіантів досліді. У відібраних зразках визначалися наведені далі показники. Вміст органічної речовини (метод Тюрина з використанням спектрофотометра) [9]. Вміст мінерального азоту (сума нітратного та амонійного азоту, визначались спектрофотометричним методом). Вміст рухомих сполук фосфору та обмінного калію (методи спектрофотометрії та полуменевої фотометрії відповідно). рН водне (іонометричний метод). Емісію CO<sub>2</sub> з поверхні поля визначали методом абсорбції.

Статистичну обробку отриманих даних проводили методом дисперсійного аналізу з використанням спеціалізованого програмного забезпечення Microsoft Excel, Agrostat, XLStat та Statistica [10].

**Результати досліджень.** Польові дослідження проводилися протягом років, що характеризувалися несприятливими гідротермічними умовами для розглянутих сільськогосподарських культур. Вегетаційний період 2024 року відзначався аномально високими температурними показниками; зокрема, фаза цвітіння соняшнику проходила за умов критичного дефіциту вологи та спеки, що негативно вплинуло на рівень урожайності. У 2025 році спостерігався суттєвий недобір атмосферних опадів, причому їх значна кількість була зафіксована лише в середині червня. Усі наведені нижче результати є середньоарифметичними значеннями за два роки досліджень.

Спочатку розглянемо зміни кислотності ґрунту протягом періоду вегетації (рис. 1).

Згідно з отриманими даними, показник рН на початку вегетації був відносно однорідним в усіх варіантах досліді і варіював у межах 7,31–7,47. Після збирання врожаю зафіксовано тенденцію до незначного зростання лужності ґрунту – до діапазону 7,36–7,51 (середнє

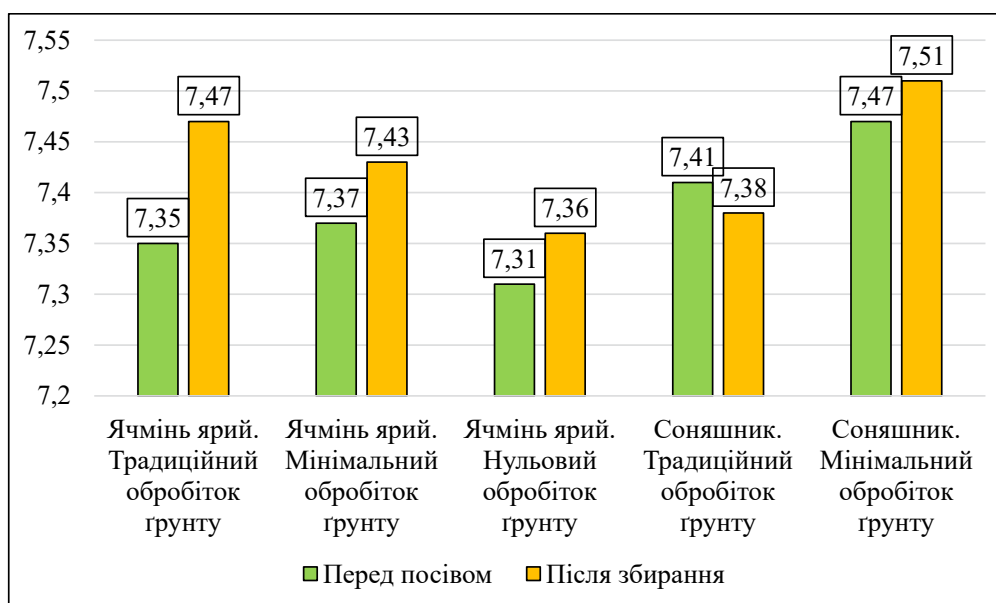


Рис. 1. рН в шарі ґрунту 0–30 см на посівах ярого ячменю та соняшника ( $HIP_{05} = 0,05$ )

значення – 7,43). Таке підвищення рН протягом вегетації є закономірним для посушливих умов і зумовлене зниженням вологості ґрунту з одночасним зростанням концентрації розчинних солей. У варіанті з традиційним обробітком на посівах соняшнику відмічено несуттєве зниження кислотності наприкінці вегетації, проте воно не перевищувало значення  $\text{НР}_{05}$ , що дозволяє трактувати цей результат як статистичну похибку.

Далі представлені дані по вмісту основних елементів живлення та органічної речовини в орному шарі ґрунту (табл. 1).

На початку вегетації вміст мінерального азоту характеризувався як низький. Концентрація рухомого фосфору коливалася від 30,4 мг/кг (традиційний обробіток, ячмінь) до 34,3 мг/кг (мінімальний обробіток, соняшник). Вміст обмінного калію в усіх варіантах дослідів був високим. Показник вмісту органічної речовини продемонстрував відносну стабільність між варіантами, перебуваючи в межах від 3,81 % до 4,10 %. Після завершення вегетації агрохімічний стан ґрунту зазнав трансформацій. Зафіксовано зниження вмісту мінерального азоту та рухомого фосфору в усіх варіантах. Вміст обмінного калію варіював у широкому діапазоні: від 131 мг/кг за традиційного обробітку (соняшник) до 214 мг/кг за нульового обробітку (ячмінь). Вміст органічної речовини зазнав неістотних коливань (3,70–4,14 %, середнє значення – 3,95 %).

Для визначення динаміки зміни вмісту основних елементів живлення та органічної речовини в ґрунті протягом періоду вегетації були розраховані прирости цих показників у відсотках до значень на початку вегетації (табл. 2).

Аналіз розрахованих даних дозволяє виділити декілька ключових тенденцій. Виявлено закономірне зниження вмісту мінерального азоту (на 28,6–32,3 %) в усіх варіантах, що зумовлено його споживання рослинами впродовж вегетації. Зменшення вмісту фосфору відбувалося нерівномірно: на посівах ячменю за нульового обробітку воно становило 15,8 %, тоді як за мінімального – 32,6 %, що свідчить про відсутність прямої кореляції цього показника зі способом обробітку. Динаміка обмінного калію виявилася складнішою: за традиційної технології спостерігалася його винесення, тоді як за нульового обробітку (ячмінь) та мінімального (соняшник) зафіксовано зростання вмісту на 16,8 % та 6,3 % відповідно.

Трансформація вмісту органічної речовини на посівах ячменю корелювала зі способом обробітку: за традиційної оранки зафіксовано зниження на 2,3 %, за мінімального обробітку – на 0,8 %, тоді як за нульового обробітку спостерігалася тенденція до накопичення (збільшення на 1,0 %). На посівах соняшнику за мінімального обробітку вміст органіки знизився на 2,9 %, а за традиційного – залишився стабільним. Слід

Таблиця 1.

**Вміст NPK та органічної речовини в ґрунті на посівах ярого ячменю та соняшника (середнє за 2024–2025 рр.).**

| Культура             | Спосіб обробітку ґрунту | N (мінеральний), мг/кг | $\text{P}_2\text{O}_5$ , мг/кг | $\text{K}_2\text{O}$ , мг/кг | Органічна речовина, % |
|----------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| На початку вегетації |                         |                        |                                |                              |                       |
| Ячмінь ярий          | Традиційний             | 18,9                   | 30,4                           | 176,6                        | 3,94                  |
|                      | Мінімальний             | 20                     | 30,7                           | 177,9                        | 3,99                  |
|                      | Нульовий                | 19,2                   | 31,1                           | 182,9                        | 4,1                   |
| Соняшник             | Традиційний             | 21,5                   | 33,3                           | 172,8                        | 4,09                  |
|                      | Мінімальний             | 18,1                   | 34,3                           | 188,1                        | 3,81                  |
| В кінці вегетації    |                         |                        |                                |                              |                       |
| Ячмінь ярий          | Традиційний             | 12,8                   | 23,9                           | 147                          | 3,85                  |
|                      | Мінімальний             | 13,9                   | 20,7                           | 154                          | 3,96                  |
|                      | Нульовий                | 13,7                   | 26,2                           | 214                          | 4,14                  |
| Соняшник             | Традиційний             | 15,2                   | 27                             | 131                          | 4,09                  |
|                      | Мінімальний             | 12,5                   | 26,9                           | 200                          | 3,7                   |
| $\text{НР}_{05}$     |                         | 2,8                    | 4,6                            | 16,5                         | 0,02                  |

Таблиця 2.

**Прирости показників вмісту NPK та органічної речовини в ґрунті на посівах ярого ячменю та соняшника у відсотках за період вегетації (середнє за 2024–2025 рр.).**

| Культура    | Спосіб обробітку ґрунту | N (мінеральний), % | $\text{P}_2\text{O}_5$ , % | $\text{K}_2\text{O}$ , % | Органічна речовина, % |
|-------------|-------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Ячмінь ярий | Традиційний             | -32,3              | -21,4                      | -16,5                    | -2,3                  |
|             | Мінімальний             | -30,5              | -32,6                      | -13,6                    | -0,8                  |
|             | Нульовий                | -28,6              | -15,8                      | 16,8                     | 1                     |
| Соняшник    | Традиційний             | -29,3              | -18,9                      | -24,4                    | 0                     |
|             | Мінімальний             | -30,9              | -21,6                      | 6,3                      | -2,9                  |

враховувати, що критично несприятливі умови вегетації соняшнику у 2024–2025 роках могли детермінувати отримані результати.

Для того щоб оцінити фактори, які впливають на накопичення органічної речовини в ґрунті при різних способах його обробітку були проведені виміри емісії CO<sub>2</sub> з поверхні поля (рис. 2).

Експериментально встановлено, що інтенсивність емісії CO<sub>2</sub> була загалом низькою, що вказує на пригнічення мікробіологічної активності внаслідок дефіциту вологи. Результати вимірювань демонструють чітку тенденцію зниження інтенсивності механічного впливу сприяє зменшенню емісії CO<sub>2</sub>. Перехід від традиційної оранки до мінімального та нульового обробітків суттєво мінімізує втрати вуглецю, що пояснюється сповільненням мінералізації органічної речовини за відсутності інтенсивної аерації та перевертання пласта.

Для того, щоб отримати більш точні дані про зв'язок між емісією CO<sub>2</sub> з поверхні поля та динамікою накопичення органічного вуглецю в ґрунті для варіантів досліду на посівах ячменю було проведено кореляційний аналіз (рис. 3).

Попри малу кількість точок, виявлено статистично достовірну лінійну залежність між розглянутими параметрами. Аналіз виявив сильний негативний кореляційний зв'язок між емісією CO<sub>2</sub> з поверхні поля та вмістом органічної речовини в ґрунті. Це очікуваний результат, але отримані дані можна використати в подальших дослідженнях направлених на вивчення процесів накопичення органічної речовини в ґрунті. Це дає змогу оцінити силу розглянутої залежності та вказує на кількісні

значення емісії CO<sub>2</sub> з поверхні поля в несприятливі роки на Півдні України.

**Висновки.** Незважаючи на відносно низьку продуктивність ячменю ярого та соняшнику в досліджувані роки, у всіх варіантах експерименту зафіксовано стабільну тенденцію до зниження вмісту мінерального азоту в орному шарі ґрунту – в середньому на 30,3 %. Вміст рухомих сполук фосфору також зменшився в усіх варіантах незалежно від виду культури та способу обробітку; та коливалось в межах 15,8–32,6 %.

Натомість динаміка обмінного калію виявила суттєву залежність від обробітку ґрунту: за традиційної системи спостерігалось винесення цього елемента живлення, тоді як за нульового обробітку (ячмінь) та мінімального (соняшник) зафіксовано зростання його вмісту на 16,8 % та 6,3 % відповідно. Зміни вмісту органічної речовини в ґрунті на посівах ячменю ярого демонстрували аналогічну динаміку. Зокрема, встановлено, що застосування технології no-till дозволило забезпечити приріст вмісту органічної речовини на 1,0 % порівняно з вихідними значеннями на початку вегетації, що зумовлено інтенсифікацією процесів гуміфікації рослинних решток.

Отже, результати досліджень підтверджують доцільність мінімізації механічного навантаження на ґрунт, зокрема перспективність впровадження системи нульового обробітку при вирощуванні польових культур у посушливих умовах Півдня України. Такий підхід сприятиме не лише збереженню та відтворенню родючості ґрунту, а й дозволить сільськогосподарським підприємствам регіону інтегруватися в глобальні процеси формування та реалізації карбонових кредитів.

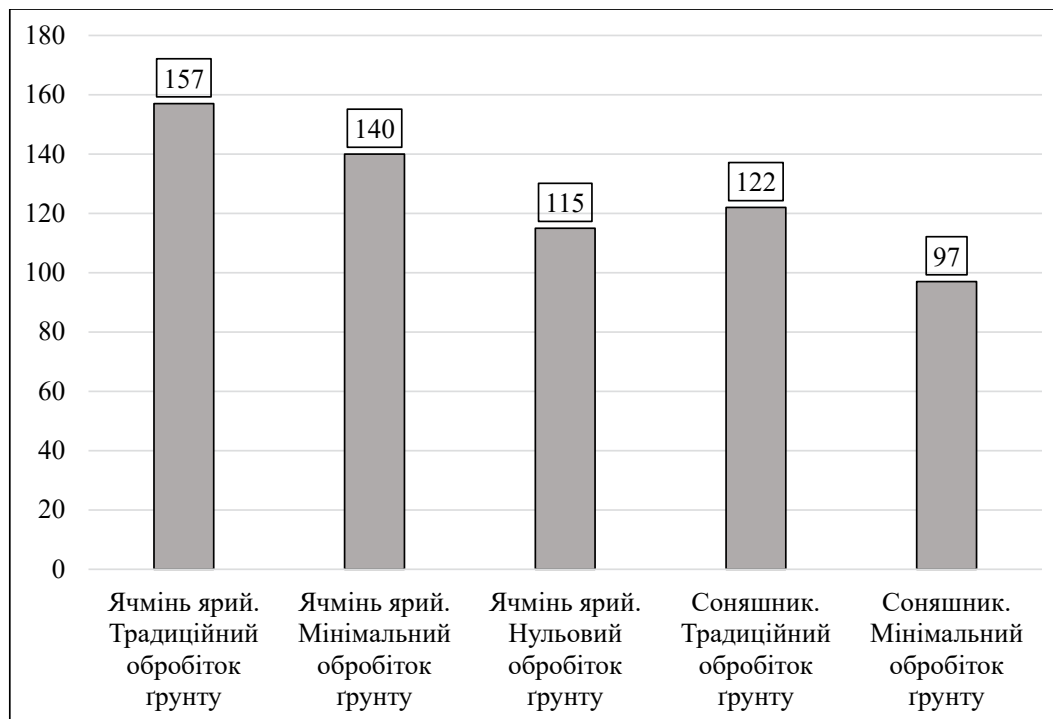


Рис. 2. Емісія CO<sub>2</sub> з поверхні поля на посівах ярого ячменю та соняшника, мг/м²/хв (середнє за 2024–2025 рр.).

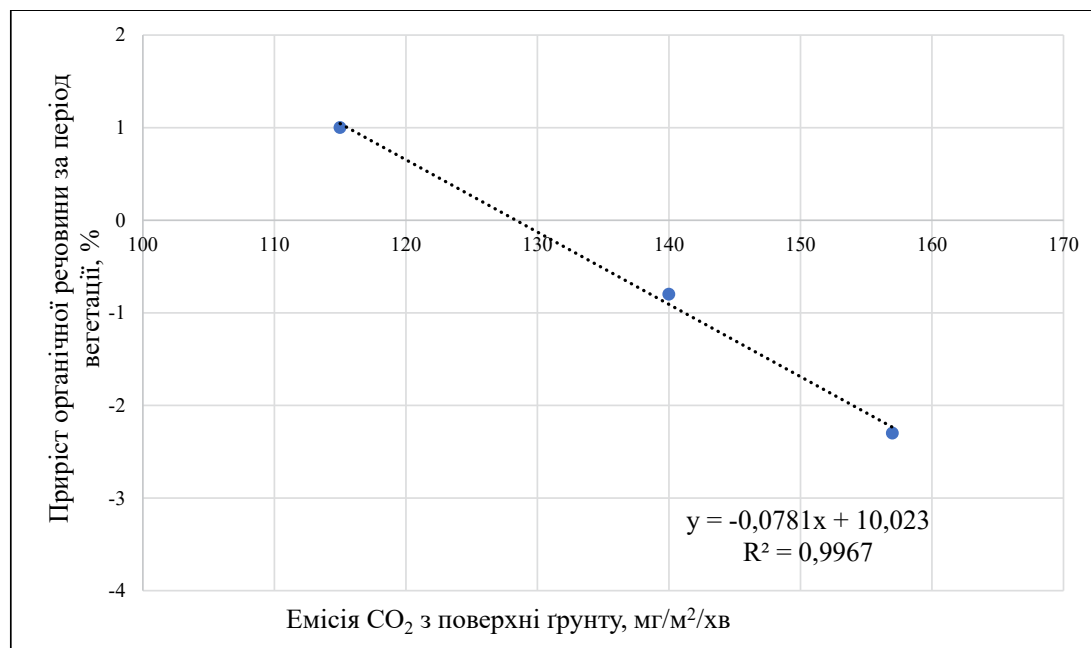


Рис. 3. Аналіз кореляцій між емісією CO<sub>2</sub> з поверхні поля та вмістом органічної речовини в ґрунті на посівах ячменю ярого

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Хумаров О. А. Теоретичні основи формування внутрішнього вуглецевого ринку в Україні. *Соціально-економічні проблеми сучасного періоду України: збірник наукових праць ДУ «Інститут регіональних досліджень ім. М. І. Долишнього НАН України»*. 2015. Вип. 1. С. 86–91.
2. Гудіма Т. С., Джабраїлов Р. А., Єремєєва Н. В. Перспективи вдосконалення правового регулювання відносин з впровадження вуглецевих кредитів в Україні. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Право*. 2025. С. 284–294.
3. Xu, J. G., Juma N. G. Above and below ground transformation of photosynthetically fixed carbon by two barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars in a Typic Cryoboroll. *Soil Biology and Biochemistry*. 1993. 25.9. С. 1263–1272.
4. Піковська О. В. Вплив мінімізації обробітку ґрунту на структурний стан чорнозему звичайного. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Агрономія*. 2013. 183 (2). 193–197.
5. Цюк О. А. Зміни поживного режиму ґрунту в агрофітоценозі пшениці озимої залежно від систем його основного обробітку в сівозміні. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Агрономія*. 2015. 210-1. С. 156–161.
6. Центило Л. В. Вплив систем удобрення та обробітку ґрунту на гумусний стан і біологічні процеси чорнозему типового. *Таврійський науковий вісник*. 2019. 107. С. 171–177.
7. Галабан Є. Вплив обробітку ґрунту на якісний склад органічної речовини. *Розвиток аграрної галузі та впровадження наукових розробок*

у виробництво : Матеріали доповідей в міжнар. наук.-практ. конф. Миколаїв, 2022. С. 88–90.

8. Методика польового дослід (зрошуване землеробство) : Навчальний посібник / В. О. Ушкаренко та ін. Херсон : Гринь Д. С., 2014. 448 с.
9. ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини. Київ, 2005. 8 с. (Національний стандарт України).
10. Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві : Монографія. В. О. Ушкаренко та ін. Херсон : Айлант, 2013. 403 с.

#### REFERENCES:

1. Khumarov, O. A. (2015). Teoretychni osnovy formuvannia vnutrishnoho vuhletsevoho rynku v Ukraini [Theoretical foundations of the formation of the domestic carbon market in Ukraine]. *Sotsialno-ekonomichni problemy suchasnoho periodu Ukrainy: zbirnyk naukovykh prats DU «Instytut rehionalnykh doslidzhen im. M. I. Dolishnoho NAN Ukrainy»*, 1, 86–91 [in Ukrainian].
2. Hudima, T. S., Dzhabrailov, R. A., & Yermieieva, N. V. (2025). Perspektyvy vdoskonalennia pravovoho rehu-liuvannia vidnosyn z vprovadzhennia vuhletsevykh kredytiv v Ukraini [Prospects for enhancing the legal framework for carbon credit implementation in Ukraine]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho natsionalnoho universytetu. Seriya: Pravo*, 284–294 [in Ukrainian].
3. Xu, J. G., & Juma, N. G. (1993). Above and below ground transformation of photosynthetically fixed carbon by two barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars in a Typic Cryoboroll. *Soil Biology and Biochemistry*, 25.9, 1263–1272.
4. Pikovska, O. V. (2013). Vplyv minimizatsii obrobittku gruntu na strukturnyi stan chornozemu zvychainoho [Effect of minimizing soil tillage on the structural state of ordinary chernozem]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho*

- universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriya: Ahronomiia*, 183 (2), 193–197 [in Ukrainian].
5. Tsluk, O. A. (2015). Zminy pozhyvnoho rezhymu gruntu v ahrofitotsenozi pshenytsi ozymoi zalezchno vid system yoho osnovnoho obrobittu v sivozmini [Changes in the soil nutrient regime in the winter wheat agrophytocenosis depending on primary soil tillage systems in a crop rotation]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriya: Ahronomiia*, 210-1, 156–161 [in Ukrainian].
  6. Tsentylo, L. V. (2019). Vplyv system udobrennia ta obrobittu gruntu na humusnyi stan i biolohichni protsesy chornozemu typovoho [Effect of fertilization systems and soil tillage on the humus status and biological processes of typical chernozem]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 107, 171–177 [in Ukrainian].
  7. Halaban, Ye. (2022). Vplyv obrobittu hruntu na yakisnyi sklad orhanichnoi rehovyny [The effect of soil tillage on the qualitative composition of organic matter]. *Rozvytok ahrarnoi haluzi ta vprovadzhennia naukovykh rozrobok u vyrobnytstvo : Materialy dopovidei v mizhnar. nauk.-prakt. konf.*, (pp. 88–90). Mykolaiv [in Ukrainian].
  8. Ushkarenko, V. O. et al. (2014). *Metodyka polovoho doslidu (zroshuvane zemlerobstvo) [Field Experiment Methodology (Irrigated Agriculture)]*. Kherson: Hrin D. S., 448 [in Ukrainian].
  9. DSTU 4289:2004. Yakist gruntu. Metody vyznachennia orhanichnoi rehovyny [DSTU 4289:2004. Soil quality. Methods for determination of organic matter]. (2005). Kyiv, 8 (Natsionalnyi standart Ukrainy) [in Ukrainian].
  10. Ushkarenko, V. O. et al. (2013). *Statystychnyi analiz rezultativ polovoykh doslidiv u zemlerobstvi [Statistical Analysis of Field Experiment Results in Agriculture]*. Kherson : Ailant, 403 [in Ukrainian].

**Козирєв В.В., Рой С.С., Полагенько О.С., Максимов Д.О., Петрик О.М.** Зміни агрохімічних показників ґрунту при різних способах його обробітку протягом періоду вегетації польових культур на Півдні України

**Мета.** дослідити зміни вмісту основних елементів живлення та органічної речовини в ґрунті за несприятливих погодних умов під впливом різних способів обробітку ґрунту. **Методи.** Під час проведення досліджень використовувались математичні, статистичні та лабораторно-аналітичні методи. Двічі на рік в шарі ґрунту 0–30 см, були відібрані зразки ґрунту. У відібраних зразках визначався наступний перелік показників: вміст органічної речовини; вміст мінерального азоту; вміст доступних сполук фосфору та калію; рН водне. Емісію CO<sub>2</sub> з поверхні поля визначали методом абсорбції. Всі аналізи ґрунтових зразків були проведені згідно з діючими стандартами. Статистичний та кореляційний аналіз отриманих даних проведено з використанням наступного програмного забезпечення «Microsoft Excel», «Agrostat», «XLStat» та «Statistica». **Результати.** Польовий дослід було проведено у несприятливі для розглянутих сільськогосподарських культур роки. Показник рН у всіх варіантах на початку вегетації відрізнявся несуттєво. Він становив 7,31–7,47. Після збирання врожаю кислотність ґрунту знаходилась в діапазоні 7,36–7,51. Невелике збільшення рН ґрунту протягом періоду вегетації є нормою в посушливих умовах. Відмічено очікуване зниження вмісту мінерального азоту протягом вегетації. В середньому, цей показник

зменшився на 28,6–32,3 %. На посівах ячменю ярого за нульового обробітку ґрунту вміст доступного фосфору знизився на 15,8 %, а за мінімального обробітку – на 32,6 %. Цей показник коливався в широких межах, але не корелював зі способом обробітку ґрунту. Динаміка зміни вмісту обмінного калію є більш складно. Якщо на варіантах з традиційним обробітком ґрунту спостерігається його зменшення, то за нульового обробітку під ячменем та мінімального під соняшником вміст обмінного калію навпаки збільшився на 16,8 % та 6,3 % відповідно. Вміст органічної речовини на посівах ячменю суттєво залежав від способу обробітку ґрунту. За традиційного обробітку вміст органіки зменшився на 2,3 %, а за мінімального обробітку зменшився лише на 0,8 %. У варіанті з нульовим обробітком спостерігалось збільшення вмісту органічної речовини на 1 %. Кореляційний аналіз виявив сильну негативну кореляцію між емісією CO<sub>2</sub> з поверхні поля та вмістом органічної речовини в ґрунті. Ці дані дозволяють оцінити вплив діяльності мікробіоти ґрунту на накопичення в ньому органічного вуглецю. **Висновки.** Проведені дослідження дозволили отримати кількісні показники змін ряду агрохімічних показників ґрунту протягом вегетації під впливом несприятливих погодних умов. На всіх варіантах досліді спостерігалось стабільне зниження вмісту мінерального азоту в орному шарі ґрунту в середньому на 30,3 %. Вміст доступного фосфору також знизився на всіх варіантах. Динаміка обмінного калію та органічної речовини суттєво залежала від обробітку ґрунту. Вміст органічної речовини в ґрунті на посівах ячменю ярого у варіанті з нульовим обробітком в кінці вегетаційного періоду підвищився на 1 % порівняно з його значенням на початку вегетації. Від накопичення органічної речовини в ґрунті залежить його родючість та можливість сільськогосподарських підприємств регіону долучитись до процесів утворення та реалізації карбонових кредитів. Зважаючи на це, можна рекомендувати зменшення механічного навантаження на ґрунт, а особливо впровадження нульового обробітку, при вирощуванні польових культур на Півдні України.

**Ключові слова:** ячмінь ярий, соняшник, органічна речовина, емісія CO<sub>2</sub>, мінеральний азот, рухомий фосфор, обмінний калій.

**Kozyriyev V.V., Roi S.S., Polahenko O.S., Maksymov D.O., Petryk O.M.** Changes in soil agrochemical properties under different tillage methods during the growing season of field crops in Southern Ukraine

**Purpose.** To investigate changes in the content of major nutrients and organic matter in the soil under adverse weather conditions as influenced by various tillage practices. **Methods.** Mathematical, statistical, and laboratory-analytical methods were used in the study. Soil samples were collected twice a year from the 0–30 cm soil layer. The following parameters were determined in the collected samples: organic matter content, mineral nitrogen content, available phosphorus and potassium compounds, and water pH. CO<sub>2</sub> emission from the field surface was determined using the absorption method. All analyses of the soil samples were conducted in accordance with current standards. Statistical and correlation analyses of the obtained data were performed using Microsoft Excel, Agrostat, XLStat, and Statistica software. **Results.** The field experiment was conducted during years characterized by unfavorable weather conditions for the studied agricultural



crops. The soil pH values across all treatments did not differ significantly at the beginning of the growing season, ranging from 7.31 to 7.47. After harvesting, the soil acidity was within the range of 7.36–7.51. A slight increase in soil pH during the growing season is typical under arid conditions. An expected decrease in the mineral nitrogen content was observed throughout the growing season. On average, this parameter decreased by 28.6–32.3 %. In spring barley crops under no-till practice, the available phosphorus content decreased by 15.8 %, while under minimum tillage, it decreased by 32.6 %. This parameter fluctuated widely but did not correlate with the tillage method. The dynamics of the exchangeable potassium content were more complex. While a decrease was observed in the conventional tillage treatments, the exchangeable potassium content increased by 16.8 % under no-till barley and by 6.3 % under minimum tillage sunflower. The soil organic matter content in barley crops significantly depended on the tillage practice. Under conventional tillage, the organic matter content decreased by 2.3 %, whereas under minimum tillage, it decreased by only 0.8 %. In the no-till treatment, a 1 % increase in the organic matter content was observed. Correlation analysis revealed a strong negative correlation between CO<sub>2</sub> emissions from the field surface and the soil organic matter

content. These data make it possible to assess the impact of soil microbiota activity on soil organic carbon accumulation.

**Findings.** The conducted research provided quantitative data on changes in several soil agrochemical parameters during the growing season under the influence of adverse weather conditions. Across all experimental treatments, a consistent decrease in the mineral nitrogen content in the arable soil layer was observed, averaging 30.3 %. The available phosphorus content also decreased across all treatments. The dynamics of exchangeable potassium and organic matter significantly depended on the tillage practice. By the end of the growing season, the soil organic matter content in the spring barley crops under the no-till treatment increased by 1 % compared to its baseline value at the beginning of the growing season. Soil fertility, as well as the opportunity for regional agricultural enterprises to participate in the generation and trading of carbon credits, depends on the accumulation of soil organic matter. Given this, it is recommended to reduce mechanical soil disturbance, and particularly to implement no-till farming, for cultivating field crops in Southern Ukraine.

**Key words:** spring barley, sunflower, organic matter, CO<sub>2</sub> emissions, mineral nitrogen, mobile phosphorus, exchangeable potassium.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026



УДК 633.358:632.951:632.7 (477.7)

DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.36.25>

## СУЧАСНИЙ КОНТРОЛЬ ШКІДНИКІВ СХОДІВ ГОРОХУ ПРОТРУЙНИКАМИ ІНСЕКТИЦИДНОЇ ДІЇ В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

**КРИВЕНКО А.І.** – доктор сільськогосподарських наук, професор  
[orcid.org/0000-0002-2133-3010](https://orcid.org/0000-0002-2133-3010)

Одеський державний аграрний університет

**ТРАНДАФІР І.В.** – аспірант

[orcid.org/0009-0004-9457-3527](https://orcid.org/0009-0004-9457-3527)

Одеський державний аграрний університет

**ДЖАМ М.А.** – кандидат сільськогосподарських наук

[orcid.org/0000-0001-8183-5488](https://orcid.org/0000-0001-8183-5488)

Одеський державний аграрний університет

**ЗОРУНЬКО В.І.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

[orcid.org/0000-0001-9512-0985](https://orcid.org/0000-0001-9512-0985)

Одеський державний аграрний університет

**ОРЕХІВСЬКИЙ В.Д.** – доктор історичних наук,

старший науковий співробітник

[orcid.org/0000-0002-3216-0514](https://orcid.org/0000-0002-3216-0514)

Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція Національної академії аграрних наук України

**Постановка проблеми.** Горох є однією з ключових зернобобових культур у сучасному землеробстві, він займає стратегічне місце в сучасній сівозміні завдяки здатності до азотфіксації. Проте його висока поживна цінність приваблює широкий спектр фітофагів, які без належного контролю здатні критично знизити врожайність як насіння, так і зеленої маси. Для розробки ефективною системи захисту шкідників поділяють на дві ключові групи за їхньою кормовою вибірковістю: багатодні шкідники (поліфаги), які живляться рослинами з різних ботанічних родин. З них найбільшу загрозу становлять: ґрунтові шкідники: дротяники, несправжні дротяники та личинки довгоножок, що пошкоджують кореневу систему та проростки; листогризучі та сисні: слимаки, паросткові мухи, польові клопи та горохова совка. Група спеціалізованих шкідників (олігофаги) адаптована саме до бобових рослин, що робить їх найбільш небезпечними ворогами врожаю (бульбочкові довгоносики (вважають коріння та листя), горохова попелиця, горохова плоджерка (пошкоджує безпосередньо зерно в бобах), комплекс насіннеїдів (апіони), фітономуси, стеблові довгоносики та конюшинна листокрутка).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За останні роки, підходи до контролю шкідників гороху зазнали суттєвих змін через кліматичні виклики та вимоги екологізації: зміна видового складу (через глобальне потепління ареал південних шкідників змістився на північ). Наприклад, сьогодні акацієва вогнівка та бавовникова совка, стали критичними шкідниками у зонах, де раніше вони не зустрічалися. Також, зростає роль трипсів та павутинного кліща в посушливі періоди на посівах гороху [1, 2].

Одними із найнебезпечніших у фазі «сходи – 2–3 листки», коли навіть незначне знищення листової поверхні може критично вплинути на подальший розвиток культури, є бульбочкові довгоносики – комплекс видів роду *Sitona*, зокрема: *Sitona lineatus*, *Sitona crinitus*, *Sitona macularius*, *Sitona humeralis*, *Sitona flavescens*, які пошкоджують сім'ядолі та молоді листки гороху. Дорослі жуки характерно вигризують напівкруглі «виїмки» по краях листової пластинки, тоді як личинки живляться бульбочками на коренях, порушуючи процес симбіотичної азотфіксації. Таке подвійне пошкодження (надземне й підземне) призводить до пригнічення росту рослин, зменшення кількості та активності бульбочок, порушення азотного живлення та, як наслідок, істотних втрат урожаю [3, 4].

Сучасне сільське господарство відходить від практики багаторазових обприскувань посівів інсектицидами. Натомість акцент зміщується на таргетний (цільовий) захист, зокрема через застосування високотехнологічного протруювання насіння.

Інсектицидні протруйники, особливо з груп неонікотинотидів та антраніламідів, забезпечують захист рослин у найвразливіший період – на початкових етапах органігенозу. Вони діють системно, проникаючи в рослину і захищаючи її зсередини.

Основні переваги такого підходу: локалізована дія препарату (на насіння та проросток); зменшення пестицидного навантаження на довкілля; мінімальний вплив на корисну ентомофауну; зниження витрат на обробки.

Окрім хімічних методів, важливу роль відіграє селекція стійких сортів гороху. Сучасні селекційні програми спрямовані не лише на підвищення врожайності, але



й на формування морфологічної та фізіологічної стійкості. Серед ключових ознак: опушеність листків, що ускладнює живлення попелиць; щільніша структура тканин; здатність до швидкої регенерації після пошкоджень [5].

Поєднання генетичної резистентності з протруюванням насіння формує основу інтегрованого захисту рослин.

Застосування інсектицидних протруйників є найбільш екологічно безпечним та економічно вигідним методом захисту гороху. Це дозволяє зменшити пестицидне навантаження на довкілля, оскільки препарат діє локально на насінину та сходи рослин, не потребуючи суцільного обприскування поля на ранніх етапах.

**Мета.** Дослідити ефективність обробки насіння гороху сучасними препаратами для захисту сходів від основних шкідників.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження проводили протягом 2023–2025 рр. в умовах ТОВ «ВІП АГРО» Одеського району Одеської області, що розташоване у зоні Південного Степу України. Ґрунти дослідних ділянок – чорноземи південні середньосуглинкові з вмістом гумусу 2,8–3,2%. Клімат регіону характеризується недостатнім та нестійким зволоженням, високими температурами повітря у весняно-літній період та частими посухами, що сприяє підвищенню шкодочинності фітофагів, зокрема бульбочкових довгоносиків (*Sitona spp.*)

Дослід закладали за схемою польового експерименту у чотириразовій повторності на сорті Світ. Розміщення варіантів – рендомізоване. Площа облікової ділянки становила 25 м<sup>2</sup>. Агротехніка вирощування культури була загальноприйнятою для зони Степу України.

Для моніторингу стану посівів використовують шкалу оцінки пошкодження пошкодження листкової поверхні (від 0 до 5 балів):

0 балів – рослини без пошкоджень;

1 бал – поодинокі крайові пошкодження листків (до 5% поверхні);

2 бали – пошкоджено 6–25% площі листків;

3 бали – пошкоджено 26–50% поверхні;

4 бали – пошкоджено 51–75% поверхні;

5 балів – понад 75% поверхні листків знищено, можлива загибель точки росту.

Коефіцієнт пошкодження ( $R$ ) розраховується за формулою:

$$R=A \times B / 100, \text{ де}$$

$A$  – відсоток пошкоджених рослин,

$B$  – середній бал пошкодження [6].

На відміну від препаратів минулого покоління, сучасні протруйники мають системну дію, низьку токсичність для теплокровних та тривалий період захисту (до 30–45 днів).

**Результати досліджень.** Наведені в таблиці 1 результати досліджень, відображають ефективність застосування сучасних інсектицидних протруйників для захисту сходів гороху від комплексу основних шкідників в умовах ТОВ «ВІП АГРО» Одеського району Одеської області за 2023–2025 рр. Обліки проводили у динаміці: на 1-шу, 4-ту, 7-му та 10-ту добу після появи сходів, що дозволяє простежити як початкову, так і пролонговану дію препаратів

Основними показниками, були відсоток пошкоджених рослин (%) та коефіцієнт пошкодження ( $R$ ), який інтегрально враховує як частку уражених рослин, так і інтенсивність їх пошкодження.

У варіанті без обробки (контроль), спостерігалося стрімке наростання шкодочинності фітофагів. Встановлено, що на 1-шу добу пошкодженість становила 7,9% при коефіцієнті  $R = 0,9$ , що свідчить про початок активного живлення шкідників, зокрема бульбочкових довгоносиків (*Sitona spp.*). На 4-ту добу, цей показник зріс – до 18,6% ( $R = 1,2$ ), а на 7-му добу, відбулося різке зростання пошкодженості до 54,8% із відповідним збільшенням коефіцієнта пошкодження до 2,83. Досліджено, що на 10-ту добу, ураження досягло критичного рівня – 62,3% при  $R = 3,61$ , що вказує на суттєве пригнічення рослин, втрату асиміляційної поверхні та високий ризик зрідження посівів. Така динаміка підтверджує, що в умовах Південного Степу України без застосування захисних заходів посіви гороху зазнають значних втрат уже на ранніх етапах органогенезу.

Нами встановлено, що застосування інсектицидних протруйників, суттєво обмежує пошкодження рослин у всі облікові строки. Найвищу початкову ефективність, продемонстрував препарат на основі тіаметоксаму (Круїзер 350 FS). Виявлено, що на 1-шу добу пошкодженість становила лише 2,1% при  $R = 0,11$ , що у 3,8 рази менше порівняно з контролем. На 4-ту добу рівень ураження залишався низьким – 4,8% ( $R = 0,25$ ), що свідчить про активну системну дію препарату та швидке

Таблиця 1

**Ефективність обробки насіння гороху сучасними препаратами для захисту сходів від основних шкідників, ТОВ «ВІП АГРО» Одеського району Одеської області (сорт Світ, середнє 2023–2025 рр.)**

| Варіант                                             | 1-а доба від появи сходів |      | 4-а доба від появи сходів |      | 7-а доба від появи сходів |      | 10-а доба від появи сходів |      |
|-----------------------------------------------------|---------------------------|------|---------------------------|------|---------------------------|------|----------------------------|------|
|                                                     | %                         | R    | %                         | R    | %                         | R    | %                          | R    |
| Контроль (без обробки)                              | 7,9                       | 0,9  | 18,6                      | 1,2  | 54,8                      | 2,83 | 62,3                       | 3,61 |
| Д.р. тіаметоксам 350 г/л, Круїзер 350 FS (0,4 л/га) | 2,1                       | 0,11 | 4,8                       | 0,25 | 5,7                       | 1,25 | 8,6                        | 1,61 |
| Д.р. імідаклопід 600 г/л, Гаучо Плюс (0,8 л/га)     | 3,8                       | 0,09 | 4,1                       | 0,41 | 4,8                       | 0,91 | 7,5                        | 1,42 |
| Д. р. клотіанідин 600 г/л, Пончо (0,5 л/т)          | 2,0                       | 0,18 | 3,5                       | 0,37 | 5,1                       | 1,15 | 6,9                        | 1,11 |

проникнення діючої речовини у проросток. У подальшому, на 7-му і 10-ту добу, спостерігалось певне зростання показників (відповідно 5,7% і 8,6%), однак вони залишалися в межах економічного рівня шкодочинності. Підвищення коефіцієнта пошкодження до 1,25–1,61 пояснюється збільшенням інтенсивності живлення фітофагів, проте загальний рівень захисту залишався високим.

Досліджено, що варіант на основі діючої речовини імідаклоприду (Гаучо Плюс), також забезпечував ефективний захист сходів, хоча дещо поступався протруйнику на основі тіаметоксаму за швидкістю початкової дії. На 1-шу добу пошкодженість становила 3,8% ( $R = 0,09$ ), що є добрим показником, однак вищим, ніж у варіанті з тіаметоксамом. У наступні облікові строки (4-та і 7-ма доба) рівень пошкодженості залишався стабільно низьким – у межах 4,1–4,8%, що свідчить про достатню системну активність діючої речовини. Досліджено, що на 10-ту добу, нами відмічено зростання пошкодженості до 7,5% ( $R = 1,42$ ), що вказує на поступове зниження захисного ефекту, проте він усе ще значно перевищує контрольний варіант за ефективністю.

Варіант із застосуванням клотіанідину (Пончо), характеризувався високою стабільністю дії протягом усього періоду спостережень. Встановлено, що на 1-шу добу рівень пошкодженості був одним із найнижчих – 2,0% ( $R = 0,18$ ), на 4-ту добу цей показник зріс незначно – до 3,5% ( $R = 0,37$ ), а на 7-му і 10-ту добу становив відповідно 5,1% і 6,9%. Важливо відзначити, що варіант на основі клотіанідину забезпечив більш рівномірний захист у часі, що пов'язано з його високою розчинністю та мобільністю в рослині. Це особливо важливо в умовах недостатнього зволоження Степу, де швидкість переміщення діючої речовини визначає ефективність захисту молодих рослин.

Загалом, результати досліджень свідчать, що всі застосовані інсектицидні протруйники, значно знижують рівень пошкодження сходів гороху порівняно з контролем – у 5–10 разів на ранніх етапах розвитку. Найбільш ефективним за сукупністю показників виявився тіаметоксам, який забезпечив найкращий «стартовий» захист і мінімальний коефіцієнт пошкодження на початкових фазах. Протруйник з діючою речовиною клотіанідин, відзначився високою стабільністю дії, тоді як варіант на

основі імідаклоприду забезпечив надійний, хоча дещо менш інтенсивний початковий ефект.

Нами досліджено вплив протруйників інсектицидної дії на структуру врожаю і врожайність гороху таблиця 2. Отримані дані свідчать, що під впливом захисту сучасними препаратами від комплексу шкідників сходів, більше зберігалось не ушкоджених рослин до збирання врожаю, і це позитивно впливало на утворення бобів. Найбільше бобів сформувалося у варіанті з д. р. клотіанідин 600 г/л, Пончо (0,5 л/т).

Встановлено, що в дослідних варіантах зростала також маса бобів, так, якщо в контролі вона становила 237,7 г, то в досліджених варіантах – 250,8 – 301,2 г. Виявлено, що це впливало і на масу зерна. Так, якщо в контролі маса зерна складала 175,1 г, то при застосуванні протруйників інсектицидної дії вона сягала від 193,5 до 241,0 г, що вплинуло і на урожайність гороху.

Отримані дані, підтверджують доцільність застосування інсектицидного протруювання насіння як ключового елемента інтегрованої системи захисту гороху в умовах Південного Степу України. Такий підхід, дозволяє ефективно контролювати чисельність ґрунтоживучих шкідників, зберегти оптимальну густоту стояння рослин і створити передумови для формування високого врожаю.

**Висновки. Таким чином,** в умовах Південного Степу України застосування сучасних інсектицидних протруйників забезпечував суттєве зниження пошкодженості рослин у всі строки обліку – у 5–10 разів порівняно з контролем, що підтверджує їх високу ефективність у захисті сходів гороху. Найвищу початкову ефективність, продемонстрував варіант на основі діючої речовини тіаметоксам, який забезпечив мінімальний рівень пошкодженості (2,1%) та коефіцієнт пошкодження ( $R = 0,11$ ) на 1-шу добу після сходів, а також стабільний захист упродовж перших 10 діб вегетації. Інсектицид на основі клотіанідину, характеризувався високою стабільністю дії протягом усього періоду спостережень, що обумовлено його значною мобільністю у рослині та пролонгованою дією. Досліджено, що інсектицидний протруйник на основі діючої речовини імідаклоприду забезпечив ефективний контроль шкідників, однак поступався варіанту на основі тіаметоксаму за швидкістю початкової дії.

Таблиця 2

**Вплив протруйників інсектицидної дії на структуру врожаю і врожайність гороху, ТОВ «ВІП АГРО» Одеського району Одеської області (сорт Світ, середнє 2023-2025 рр.)**

| Варіант досліджу                                   | Кількість рослин з 1 м <sup>2</sup> шт. | Кількість бобів, шт | Маса бобів, г | Маса зерна, г, м <sup>2</sup> | Урожайність, т/га | Прибавка, урожаю т/га |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------|---------------|-------------------------------|-------------------|-----------------------|
| Контроль                                           | 114,1                                   | 241,3               | 237,7         | 175,1                         | 1,63              | -                     |
| Д.р. тіаметоксам 350 г/л Круїзер 350 FS (0,4 л/га) | 127,2                                   | 275,6               | 250,8         | 193,5                         | 2,06              | 0,43                  |
| Д.р. імідаклоприд 600 г/л, Гаучо Плюс (0,8 л/га)   | 143,1                                   | 317,2               | 278,9         | 221,3                         | 2,14              | 0,51                  |
| Д. р. клотіанідин 600 г/л, Пончо (0,5 л/т)         | 158,6                                   | 327,4               | 301,2         | 241,0                         | 2,28              | 0,65                  |
| HIP <sub>05</sub>                                  |                                         |                     |               |                               | 0,24              |                       |

Досліджено, при застосуванні протруйників інсектицидної дії маса зерна в дослідних варіантах сягала від 193,5 до 241,0 г, прибавка урожаю становила 0,43–0,65 т/га відповідно.

Отже, використання інсектицидних протруйників насіння є доцільним, екологічно обґрунтованим та економічно вигідним заходом захисту посівів гороху, який дозволяє зменшити пестицидне навантаження на довкілля та забезпечити оптимальні умови для формування врожаю.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Писаренко В. М., Піщаленко М. А., Мулер М. О., Логвиненко В. В., Тригуб В. В. Агротехнічні прийоми регуляції чисельності корисної та шкідливої ентомофауни на посівах гороху. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28(4). С. 101–105. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.04.14>
2. Zhou W., Zhang Y., Liu Y. Integrated Pest Management: An Update on the Sustainability Approach to Crop Protection. *ACS Omega*. 2024. Т. 9, № 40. <https://doi.org/10.1021/acsomega.4c06628>
3. Мякшило К. С. Шкідники гороху, їх шкідливість та регулювання чисельності : кваліфікаційна робота. Київ : НУБіП України, 2024. С. 34–66.
4. Smith B.M., Aebischer N.J., Ewald J., Moreby S., Potter C., Holland J.M. (2020). The Potential of Arable Weeds to Reverse Invertebrate Declines and Associated Ecosystem Services in Cereal Crops. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2020. № 3(118). <https://dx.doi.org/10.3389/fsufs.2019.00118>
5. Федоренко В. П. Шкідники зернобобових культур. Київ : Колобів, 2010. 312 с.
6. Методика проведення польових досліджень з захисту рослин / за ред. С. О. Трибеля. Київ, 2001. 150 с.
7. Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Київ, 2024. URL: <https://eco.gov.ua/registers/perelik-pesticidiv-i-agrohimikativ-dozvolenih-dlya-vikoristannya> (дата звернення: 14.03.2026).
8. Banerjee S., Mallick T., Chakroborty A., Saha H. N., Takur N. T. Evaluation of State-of-the-Art Deep Learning Techniques for Plant Disease and Pest Detection. *arXiv*. Vol. 85 (1). 121-180. <https://doi.org/10.32604/cmc.2025.065250>
4. Smith, B.M., Aebischer, N.J., Ewald, J., Moreby, S., Potter, C., & Holland, J.M. (2020). The Potential of Arable Weeds to Reverse Invertebrate Declines and Associated Ecosystem Services in Cereal Crops. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3(118), <https://dx.doi.org/10.3389/fsufs.2019.00118>
5. Fedorenko, V.P. (2010). *Shkidnyky zernobobovykh kultur [Pests of leguminous crops]*. Kyiv : Kolobih, 312 [in Ukrainian].
6. Trybeli, S. O. (2001). *Metodyka provedennia polovykh doslidzhen z zakhystu roslin [Methodology for conducting field research on plant protection]*. Kyiv, 150 [in Ukrainian].
7. *Derzhavnyi reiestr pestytsydiv i ahrokhimikativ, dozvolenykh do vykorystannia v Ukrain [State Register of Pesticides and Agrochemicals Allowed for Use in Ukraine]*. 2024. Kyiv, URL: <https://eco.gov.ua/registers/perelik-pesticidiv-i-agrohimikativ-dozvolenih-dlya-vikoristannya> [in Ukrainian].
8. Banerjee, S., Mallick, T., Chakroborty, A., Saha, H. N., & Takur, N. T. (2025). Evaluation of State-of-the-Art Deep Learning Techniques for Plant Disease and Pest Detection. *arXiv*. Vol. 85 (1). 121-180. <https://doi.org/10.32604/cmc.2025.065250>

#### Кривенко А.І., Трандафір І.В., Джам М.А., Зорунько В.І., Орехівський В.Д. Сучасний контроль шкідників сходів гороху протруйниками інсектицидної дії в умовах Південного Степу України

**Мета.** Дослідити ефективність обробки насіння гороху сучасними препаратами для захисту сходів від основних шкідників. **Методи.** Дослідження проводили протягом 2023–2025 рр. в умовах ТОВ «ВІП АГРО» Одеського району Одеської області, що розташоване у зоні Південного Степу України. Методи: польовий; спостереження; лабораторний, статистичний – для оцінки достовірності даних. **Результати.** Результати досліджень свідчать, що всі застосовані інсектицидні протруйники, значно знижують рівень пошкодження сходів гороху порівняно з контролем – у 5–10 разів на ранніх етапах розвитку. Найбільш ефективним за сукупністю показників виявився тіаметоксам, який забезпечив найкращий «стартовий» захист і мінімальний коефіцієнт пошкодження на початкових фазах. Протруйник з діючою речовиною клотіанідин, відзначився високою стабільністю дії, тоді як варіант на основі імідаклоприду забезпечив надійний, хоча дещо менш інтенсивний початковий ефект. В умовах Південного Степу України застосування сучасних інсектицидних протруйників забезпечував суттєве зниження пошкодженості рослин у всі строки обліку – у 5–10 разів порівняно з контролем, що підтверджує їх високу ефективність у захисті сходів гороху. Найвищу початкову ефективність, продемонстрував варіант на основі діючої речовини тіаметоксам, який забезпечив мінімальний рівень пошкодженості (2,1%) та коефіцієнт пошкодження ( $R = 0,11$ ) на 1-шу добу після сходів, а також стабільний захист упродовж перших 10 діб вегетації. Інсектицид на основі клотіанідина, характеризувався високою стабільністю дії протягом усього періоду спостережень, що обумовлено його значною мобільністю у рослині та пролонгованою дією. Досліджено, що інсектицидний протруйник на основі діючої речовини імідаклоприд забезпечив ефективний контроль шкідників, однак поступався варіанту на основі тіаметоксаму за швидкістю початкової

#### REFERENCES:

1. Pysarenko, V. M., Pishchalenko, M. A., Mulier, M. O., Lohvynenko, V. V., & Tryhub, V. V. (2025). Ahrotekhnichni pryjomy rehuliatcii chyselnosti korysnoi ta shkidlyvoi entomofauny na posivakh horokhu [Agrotechnical methods for regulating the number of beneficial and harmful entomofauna on pea crops]. *Scientific Progress & Innovations*, 28(4), 101–105. <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.04.14>. [in Ukrainian].
2. Zhou, W., Zhang, Y., & Liu, Y. (2024). Integrated Pest Management: An Update on the Sustainability Approach to Crop Protection. *ACS Omega*, 9(4), <https://doi.org/10.1021/acsomega.4c06628>
3. Miakshylo, K.S. (2024). *Shkidnyky horokhu, yikh shkidlyvist ta rehulivannia chyselnosti: kvalifikatsiina robota [Pea pests, their harmfulness and population control: qualification work]*. Kyiv : NUBiP Ukrainy, 34–66 [in Ukrainian].

дії. **Висновки.** Досліджено, при застосуванні протруйників інсектицидної дії маса зерна в дослідних варіантах сягала від 193,5 до 241,0 г, прибавка урожаю становила 0,43–0,65 т/га відповідно. Використання інсектицидних протруйників насіння є доцільним, екологічно обґрунтованим та економічно вигідним заходом захисту посівів гороху, який дозволяє зменшити пестицидне навантаження на довкілля та забезпечити оптимальні умови для формування врожаю.

**Ключові слова:** горох (*Pisum L.*), бульбичкові довгоносики (*Sitona spp.*), пошкодження сходів гороху, протруйники інсектицидної дії, маса зерна, маса бобів, урожайність.

**Kryvenko A.I., Trandafir I.V., Dzham M.A., Zorunko V.I., Orekhivskyi V.D. Modern control of pests of peas seedlings with insecticidal antioquites in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine**

**The purpose** to investigate the effectiveness of pea seed treatment with modern preparations to protect seedlings from major pests. **Methods.** The study was conducted during 2023–2025 in the conditions of VIP AGRO LLC, Odessa district, Odessa region, located in the Southern Steppe zone of Ukraine. **Methods:** field; observation; laboratory, statistical – to assess the reliability of the data. **Results.** The results of the studies show that all applied insecticidal pesticides significantly reduce the level of damage to pea seedlings compared to the control – 5–10 times in the early stages of development. The most effective in terms of the totality of indicators was thiamethoxam, which provided the best "starting" protection and the minimum damage coefficient in the initial phases. The

pesticide with the active ingredient clothianidin was distinguished by high stability of action, while the variant based on imidacloprid provided a reliable, although somewhat less intense initial effect. In the conditions of the Southern Steppe of Ukraine, the use of modern insecticidal sprays provided a significant reduction in plant damage at all time points – 5–10 times compared to the control, which confirms their high efficiency in protecting pea seedlings. The highest initial efficiency was demonstrated by the variant based on the active substance thiamethoxam, which provided a minimum level of damage (2.1%) and a damage coefficient ( $R = 0.11$ ) on the 1st day after emergence, as well as stable protection during the first 10 days of vegetation. The insecticide based on clothianidin was characterized by high stability of action throughout the entire observation period, which is due to its significant mobility in the plant and prolonged action. It was studied that the insecticidal spray based on the active substance imidacloprid provided effective pest control, but was inferior to the variant based on thiamethoxam in the speed of initial action. **Conclusions.** It was investigated that when using insecticidal seed treatments, the grain weight in the experimental variants ranged from 193.5 to 241.0 g, and the yield increase was 0.43–0.65 t/ha, respectively. The use of insecticidal seed treatments is an appropriate, environmentally sound and economically beneficial measure for protecting pea crops, which allows reducing the pesticide load on the environment and ensuring optimal conditions for crop formation.

**Key words:** pea (*Pisum L.*), tuber weevils (*Sitona spp.*), damage to pea seedlings, insecticidal seed treatments, grain weight, bean weight, yield.

Дата першого надходження статті до видання: 15.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## ВПЛИВ ГІДРОТЕРМІЧНИХ УМОВ НА ПОЖИВНИЙ РЕЖИМ І ПРОДУКТИВНІСТЬ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО

**КУДРЯ С.І.** – доктор сільськогосподарських наук

[orcid.org/0000-0002-4581-8426](https://orcid.org/0000-0002-4581-8426)

Державний біотехнологічний університет

**ТАРАРІКО Ю.О.** – доктор сільськогосподарських наук, професор,

академік Національної академії аграрних наук України

[orcid.org/0000-0001-8475-240X](https://orcid.org/0000-0001-8475-240X)

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

**САЙДАК Р.В.** – кандидат сільськогосподарських наук

[orcid.org/0000-0002-0213-0496](https://orcid.org/0000-0002-0213-0496)

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

**ЛУКАШУК В.П.** – кандидат сільськогосподарських наук

[orcid.org/0000-0003-0081-0962](https://orcid.org/0000-0003-0081-0962)

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

**КНИШ В.В.** – PhD Агрономія

[orcid.org/0000-0002-3220-9883](https://orcid.org/0000-0002-3220-9883)

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

**ЄГОРОВА С.В.** – кандидат історичних наук

[orcid.org/0000-0002-3045-3508](https://orcid.org/0000-0002-3045-3508)

Інститут водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

**Постановка проблеми.** Мінливість погодних умов безпосередньо впливає на щорічні коливання продуктивності рослин, що ускладнює розроблення ефективних стратегій управління в аграрному секторі [1, 2, 3, 4, 5]. Цей вплив реалізується через варіабельність гідротермічних умов, які обумовлюють зміни в мобільності макро- та мікроелементів у ґрунті, що супроводжується коливаннями інтенсивності фотосинтезу, дихання та поглинання рослинами поживних речовин. Основні гідротермічні параметри – волога та температура – визначають інтенсивність метаболічних процесів у рослинах і, як наслідок, впливають на формування як кількісних, так і якісних показників урожаю. Прогнозовані кліматичні зміни призводять до географічного переміщення агроєкологічних зон, що обумовлює розроблення адаптивних стратегій управління сільськогосподарським виробництвом як у короткотривалій, так і довготривалій перспективі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для адаптації сільськогосподарського виробництва до кліматичної варіабельності запропоновано чимало методичних підходів. Серед них Хольцкемпер А., Каланка П. і Фюрер Й. обґрунтовують гнучку комплексну систему, засновану на правилах, для оцінки придатності клімату конкретної культури. Кліматичні індекси розраховують за динамічно оціненими фенологічними фазами, а функції придатності факторів визначають для зв'язку між цими фазовими індексами клімату та значеннями придатності. Динамічне врахування фенології сільськогосподарських культур дозволяє оцінити вплив кліматичних змін у фенологічному розвитку. Для інтеграції експертних

знань з емпіричними спостереженнями запропонована автоматизована процедура верифікації та калібрування функцій придатності факторів на основі кліматичних даних та урожайності. Такий підхід успішно застосовується для оцінки кліматичної придатності культур та розроблення адаптивних стратегій управління, однак його широке впровадження потребує подальшого тестування в різних агроєкологічних умовах [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12].

Результати дослідження М. М. Корхової та О. А. Коваленко, отримані на дослідних ділянках Миколаївського національного аграрного університету, підтверджують, що основними чинниками формування урожайності озимої пшениці є сортовий склад, строки сівби та норми висіву [13]. 2011 р. рівень урожайності зерна на 75 % залежав від строків сівби, на 9 % – від сорту і на 4 % – від норми висіву насіння, у 2012 та 2013 рр. – на 64 %, 21 %, 2 % і 37 %, 32 %, 2 % відповідно. Оптимальним строком сівби пшениці озимої по чистому пару слід вважати період з 30 вересня по 10 жовтня, за якого формується найвища врожайність як за сприятливих, так і за несприятливих погодних умов. У середньому, найвищу врожайність пшениці озимої було отримано 2011 р. за умови сівби 10 жовтня з нормою висіву 5 млн схожих насінин на гектар [13]. Серед найбільш дієвих, вагомих і поширених факторів підвищення продуктивності та стійкості агроєкосистем є різні види меліорацій, зокрема гідротехнічна й агрохімічна. Як правило, оптимізація водно-повітряного та поживного режимів ґрунту дає змогу майже повністю нівелювати негативну дію несприятливих погодних умов



і забезпечити високу сталість систем землеробства [14].

Підвищення температури обумовлює інтенсифікацію метаболічних процесів у рослин, що призводить до змін у динаміці їх росту, розвитку та, як наслідок, продуктивності. Наприклад, у Вінницькій області впродовж 2011 – 2022 рр. середньорічна температура становила, залежно від року, 7,9 – 9,8 °С, що було на 0,8 – 2,7 °С вище за норму. Протягом 2011–2022 рр. річна сума опадів коливалася від 440 мм (дефіцит на 162 мм) до 714 мм (надлишок на 112 мм) відносно багаторічної норми. За 12 років досліджень середня сума опадів за рік становила 595 мм, що було на 7 мм менше за норму. 2015 р. зафіксована найвища середньорічна температуру повітря – 9,5 °С, яка була на 2,4 °С вища норми, а також найменша суму опадів за рік – 440 мм, що на 162 мм менше норми. Це зумовило одержання того року найнижчої врожайності тринадцяти сільськогосподарських культур із шістнадцяти досліджуваних. 2020 р. зафіксовано максимально високу середньорічну температуру повітря – 9,8 °С, що на 2,7 °С вища норми, а також суму опадів за рік 583 мм, що на 19 мм менша норми. Це зумовило одержання найнижчої за весь період спостережень урожайності семи сільськогосподарських культур. 2021 р. спостерігалась одна з найнижчих середньорічних температур за досліджуваний період – 8,1 °С та більша за норму опадів – 629 мм, що на 27 мм більше норми. Це сприяло отриманню найвищої врожайності за весь період спостережень 11 сільськогосподарських культур. 2018 р., коли річна сума опадів була великою – 622 мм, що на 20 мм більша за норму, але відмічена висока середньорічна температура повітря, що була на 0,7 °С вища, ніж 2021 р., виявлено високу врожайність п'яти культур [15].

Продуктивність рослин залежить від їх мінерального живлення та світлового режиму. Чим кращий світловий режим, тим, за оптимального забезпечення вологою, більше біогенних елементів вони здатні засвоїти [16].

Як зазначають І. Гасанова та Ю. Безсусідна, гідротермічні умови впродовж вегетаційного періоду і, особливо, у період достигання зерна є основним фактором, який здатний негативно вплинути на якість урожаю [17].

Температурний режим визначає накопичення рухомих поживних речовин у ґрунті. За умов водного дефіциту суттєво погіршується ефективність використання рослинами елементів живлення з внесених у ґрунт добрив, внаслідок підвищення осмотичних властивостей ґрунтового розчину, що пригнічує поглинання води та мінеральних іонів [18, 19].

Здійснений комплексний аналіз кліматичних факторів і продуктивності агроландшафтів надав можливість визначити математико-статистичні моделі кореляційної залежності врожайності озимих культур від метеорологічних факторів. Установлено, що на врожайність пшениці озимої найбільш впливовими метеорологічними факторами є кількість опадів червня, вересня та травня; на врожайність жита озимого – кількість опадів червня, вересня та температура квітня [20].

У свою чергу, ефективний розвиток виробництва зерна потребує наукового обґрунтування раціонального розміщення посівних площ для зернових культур

з урахуванням потенціальної врожайності та погодних умов. За останні десятиріччя погодно-кліматичні умови України зазнали істотних змін. Це призвело до зміни асортименту вирощуваних зернових культур і географії їх розташування. Найбільше зросла середня врожайність зернових у центральних областях. У західних областях вона збільшилася з 2,9 т/га до 4,3 т/га. Для зони Степу зростання врожайності зернових культур незначне – з 2,6 до 2,9 т/га. Дослідження свідчать про значні зміни погодних умов у різних районах України в період за останню чверть століття, що безпосередньо вплинуло на зміни врожайності зернових культур. Відбулося значне потепління. Якщо у дев'яності роки минулого століття основним виробником зерна була степова зона, то в останнє десятиріччя першість перейшла до центральних областей. Тут не тільки найвища врожайність зернових культур, але й динаміка її зростання. Ці зміни необхідно враховувати при плануванні посівів зернових культур і організації відповідної інфраструктури для їх обробки, зберігання та продажу [21].

**Мета дослідження.** Встановити закономірності змін основних параметрів поживного режиму чорнозему типового в різних короткоротаційних сівоzmінах залежно від змін погодних умов за нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України. Визначити потенціал продуктивності різних сівоzmінів за ведення органічного землеробства. Оптимізувати сівоzmіни для забезпечення відновлення ґрунтової родючості з урахуванням ґрунтово-кліматичних економічних і соціальних особливостей господарств.

**Матеріали та методи досліджень.** Оцінку та прогноз умов вологозабезпечення проводили на основі кліматичного водного балансу (КВБ) [22], який розраховували як різницю між сумарною кількістю опадів і потенційним випаровуванням за певний період:

$$\text{КВБ} = \Sigma R - \Sigma E_p,$$

де  $\Sigma R$  – сума опадів за рік, мм;

$\Sigma E_p$  – потенційне випаровування за рік, мм.

Ґрунт дослідного стаціонару представлений чорноземом типовим глибоким малогумусним важкосуглинковим на лесовидному суглинку. Вміст гумусу становив 4,94-5,21 %, легкогідролізного азоту за Корнфілдом – 81 мг/кг, рухомого фосфору та обмінного калію за Чіріковим – 100 та 200 мг/кг відповідно. Реакція ґрунтового розчину була нейтральною (рН водне 7,0), буферна реакція – слабколужною (рН сольове 5,2–5,6).

У дослідженнях, проведених на дослідному стаціонарі по сівоzmінах Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва (нині Державний біотехнологічний університет) вивчали окремі культури та 16 варіантів чотириріпільних сівоzmінів з таким чергуванням культур: 1. Попередник пшениці озимої; 2. Пшениця озима; 3. Буряки цукрові, або гречка; 4. Ячмінь ярий. Попередниками пшениці озимої були: горох, чина, сочевиця та квасоля на зерно, кукурудза – на силос, вико-вівсяна сумішка та соя – на зелений корм, чистий пар.

Площа посівної ділянки – 142 м<sup>2</sup>, облікової – 50 – 100 м<sup>2</sup>. Розміщення варіантів у досліді – систематичне, повторення – триразове.

При закладанні та проведенні польового стаціонарного дослідження були використані стандартизовані та загальноприйняті методики, описані В. О. Єщенком [23], В. Г. Дідорою [24], та А. О. Рожковим [25]. Відбір проб для аналізу здійснювали за ДСТУ 4287:2004 [26]. Агрохімічні аналізи проводили відповідно до загальноприйнятих методів.

**Результати досліджень.** Незважаючи на загальну тенденцію зменшення річної кількості опадів (рис. 1), особливо за останні три роки, в середньому за роки досліджень (1996 – 2019 рр.), порівнюючи з нормою [27], середньорічна кількість опадів відповідала рівню нормативного періоду.

Однак підвищення температурного режиму супроводжується прискоренням процесів випаровування, що посилює водний дефіцит в регіоні й обмежує доступність вологи для рослин впродовж вегетаційного періоду. Загалом за рік, динаміка КВБ має стійку тенденцію до зниження. Якщо 1996 – 2002 рр. річний

дефіцит КВБ становив у середньому 100 – 200 мм, то 2010 – 2019 рр. – 300 – 400 мм і більше (рис. 2).

Таким чином, проаналізовані кліматичні зміни (зростання температури та варіабельність опадів) посилюють водний дефіцит, що обмежує реалізацію продуктивного потенціалу сільськогосподарських культур і вимагає розроблення адаптивних стратегій управління.

Кількість у ґрунті сполук азоту, що легко гідролізуються ( $N_g$ ) відповідала низькій забезпеченості та істотно коливалася за роками. Наприклад, у сівозміні з чистим паром цей показник у шарі ґрунту 0 – 15 см мінімально складав 84 мг/кг ґрунту або з урахуванням змінної за роками

щільності ґрунту – 137 кг/га і максимально – 143 мг/кг ґрунту або 264 кг/га. Причому по сівозмінах подібна закономірність змін умісту доступного азоту в часі зберігалася з достовірністю апроксимації  $R^2=0,7 - 0,8$  (рис. 3). Такі значні коливання можуть обумовлюватися

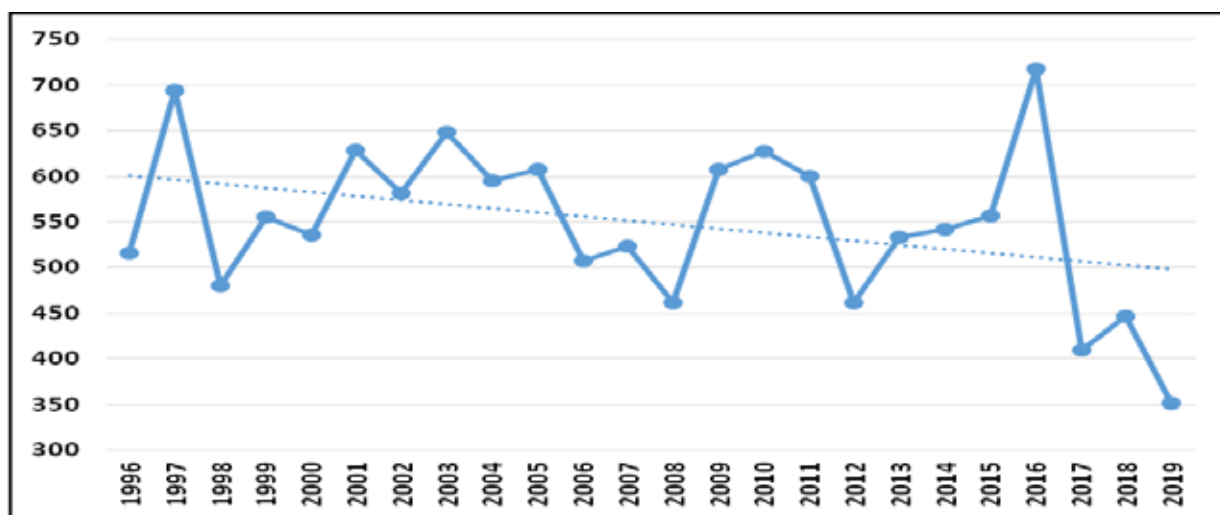


Рис. 1. Динаміка річних сум опадів, мм

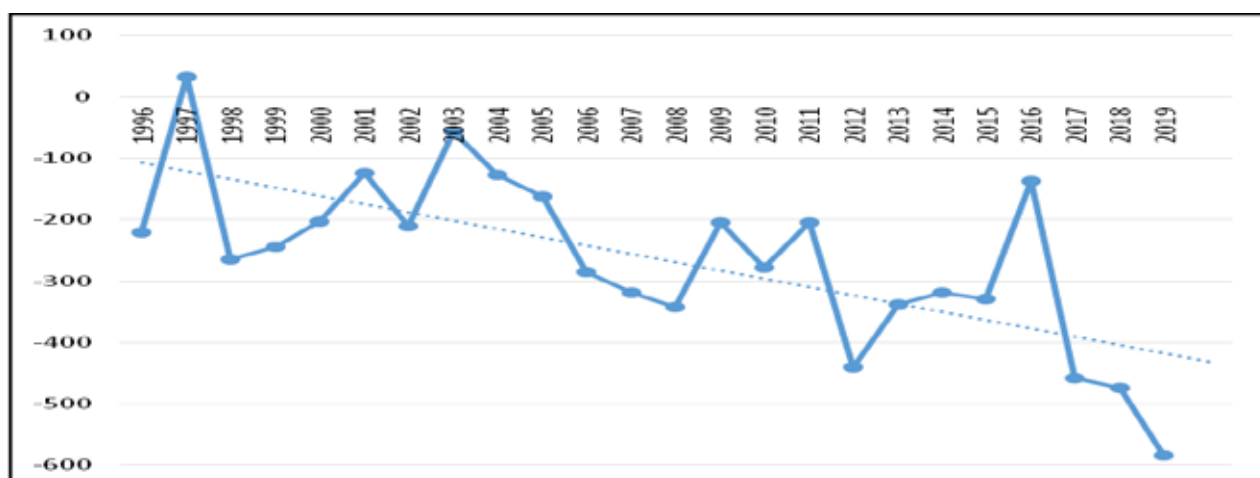


Рис. 2. Динаміка річного кліматичного водного балансу, мм



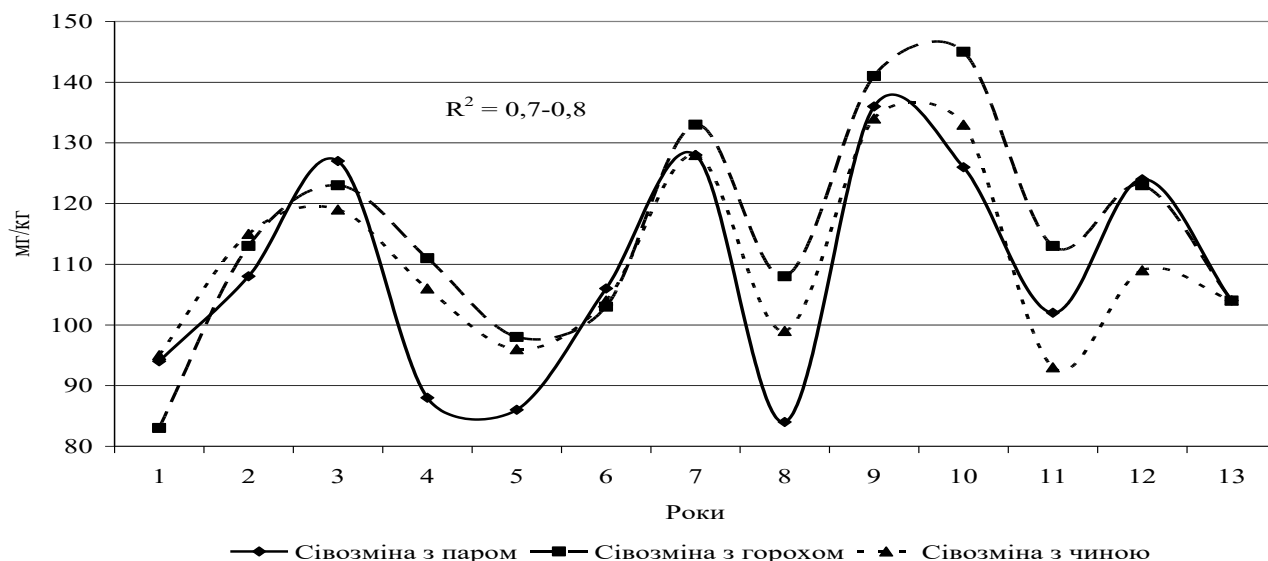


Рис. 3. Коливання вмісту легкогідролізованого азоту в часі та по сівоzmінах у шарі ґрунту 0 – 15 см

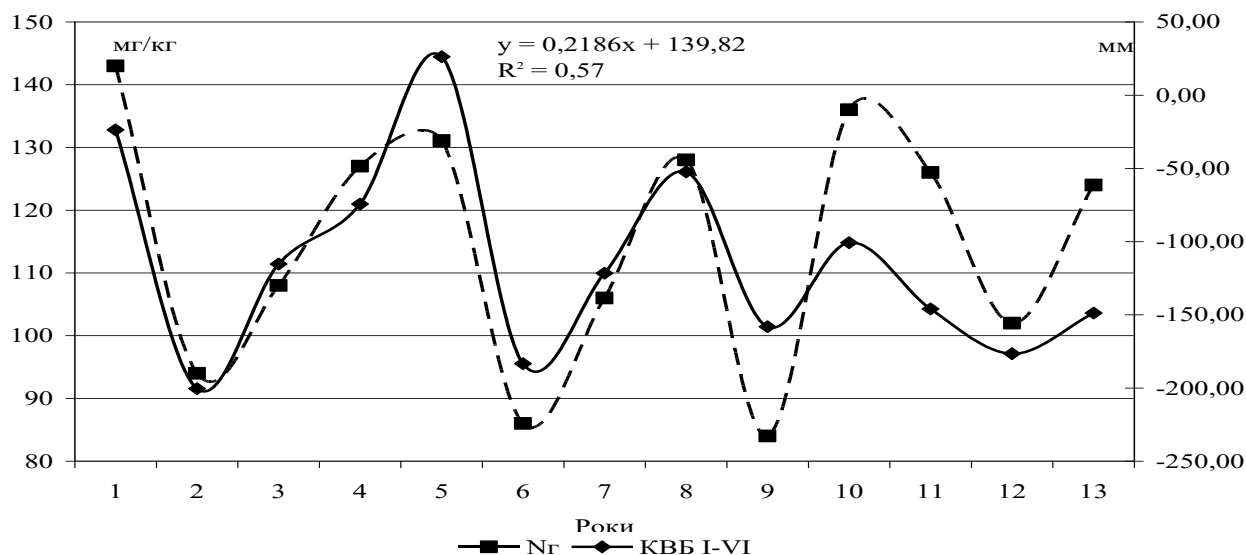


Рис. 4. Вплив гідротермічних умов на вміст у ґрунті сполук азоту, що легко гідролізуються

різними факторами, зокрема рівнями зволоження та врожайності культур сівоzmін.

Так, наприклад, встановлено, що водний баланс за перше півріччя по роках досліджень коливався від 26 мм у 2001 р до -201 мм у 1998 р. Співставлення умов зволоження за показником КВБ з кількістю азоту сполук, що легко гідролізуються в наступному році показало наявність залежності з  $R^2=0,6$  (рис. 4).

Встановлено також зв'язок між кількістю Nг у шарі ґрунту 0 – 30 см і врожайністю культур у наступному році. Так, наприклад, у сівоzmіні з чистим паром залежність між цими показниками на пшениці озимій характеризується  $R^2=0,7$  (рис. 5).

У цілому запаси доступного азоту в шарі ґрунту 0 – 30 см коливалися в часі залежно від погодних умов від 313 до 484 кг/га з середнім рівнем 400 кг/га. Якщо

припустити, що озима пшениця засвоює 34% доступного в ґрунті азоту та виносить 30 кг азоту на кожен тону зерна з побічною продукцією, то потенціальна продуктивність цієї культури за азотним живленням може сягати 4–6 т/га, з середнім значенням 5 т/га.

Кількість доступних сполук фосфору в ґрунті, як і азоту, істотно коливалася за роками. Так, у сівоzmіні з чистим паром уміст цього елементу в шарі 0 – 15 см коливався за роками від 63 мг/кг ґрунту (середня забезпеченість) до 178 мг/кг ґрунту (підвищена забезпеченість), а в шарі 15 – 30 см – від 74 до 168 мг/кг ґрунту відповідно. Причому закономірності змін даного показника в часі зберігаються як по сівоzmінах, так і по шарах ґрунту 0 – 15 і 15 – 30 см (рис. 6).

Коливання забезпеченості ґрунту рухомих фосфором за роками мають зворотній зв'язок з кількістю опадів

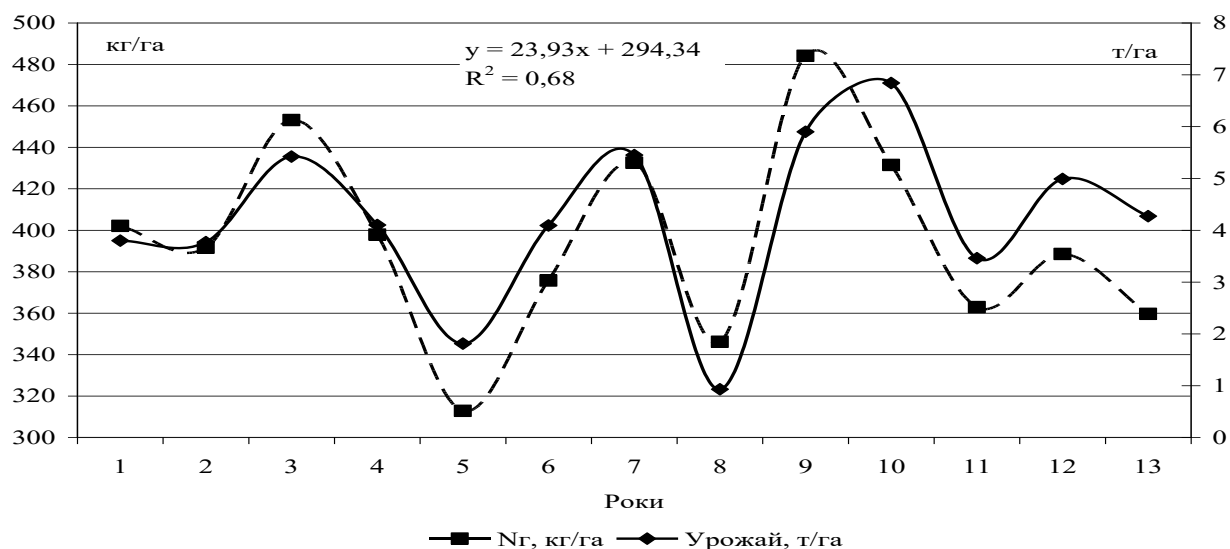


Рис. 5. Вплив запасів легкогідролізованого азоту на врожайність пшениці озимої

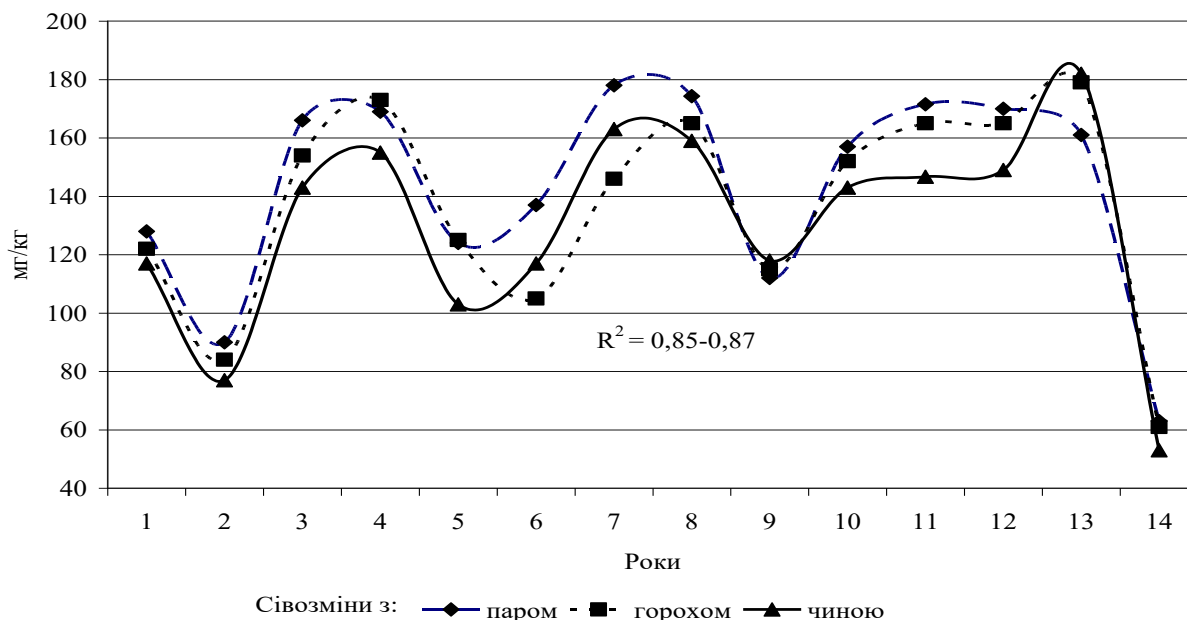


Рис. 6. Коливання в часі та по сівоzmінах вмісту рухомого фосфору в шарі ґрунту 0–15 см

за період січень – квітень включно (рис. 7). Причому встановлена закономірність більш чітко проявлялася в шарі ґрунту 15 – 30 см і характеризувалася  $R^2=0,72$ . Її наявність також підтверджується в інших досліджуваних сівоzmінах, зокрема з горохом і чиною. Таке положення можна пояснити посиленням біологічної мобілізації фосфорних сполук ґрунтовою біотою та посівами культур у більш сприятливих умовах зволоження.

Загальні запаси доступного фосфору в шарі ґрунту 0 – 30 см залежно від погодних умов коливалися від 241 до 640 кг/га. Якщо з однією тонною основної та відповідною кількістю нетоварної продукції пшениці озимої відчувається 10 кг, а її посіви здатні поглинати до 11 % наявних у ґрунті запасів, то умовний потенціал

біопродуктивності цієї культури за фосфором може коливатися від 4 до 7 т/га зерна з середнім рівнем 5,5 т/га.

Максимальні рівні забезпеченості ґрунту доступним калієм були на рівні 200 мг/кг ґрунту, мінімальні – на рівні 100 мг/кг ґрунту, що лежить у межах підвищеної забезпеченості. Коливання вмісту цього елемента в часі співпадали по досліджуваних сівоzmінах у шарі ґрунту 0 – 15 см (рис. 8).

Вміст рухомого калію також залежав від особливостей умов зволоження та, як і доступні сполуки фосфору, зворотно корелював з кількістю опадів, що мали місце з січня по травень з  $R^2=0,63$  (рис. 9). Його запаси в шарі 0 – 30 см у часі коливалися від 312 до 621 кг/га. Якщо

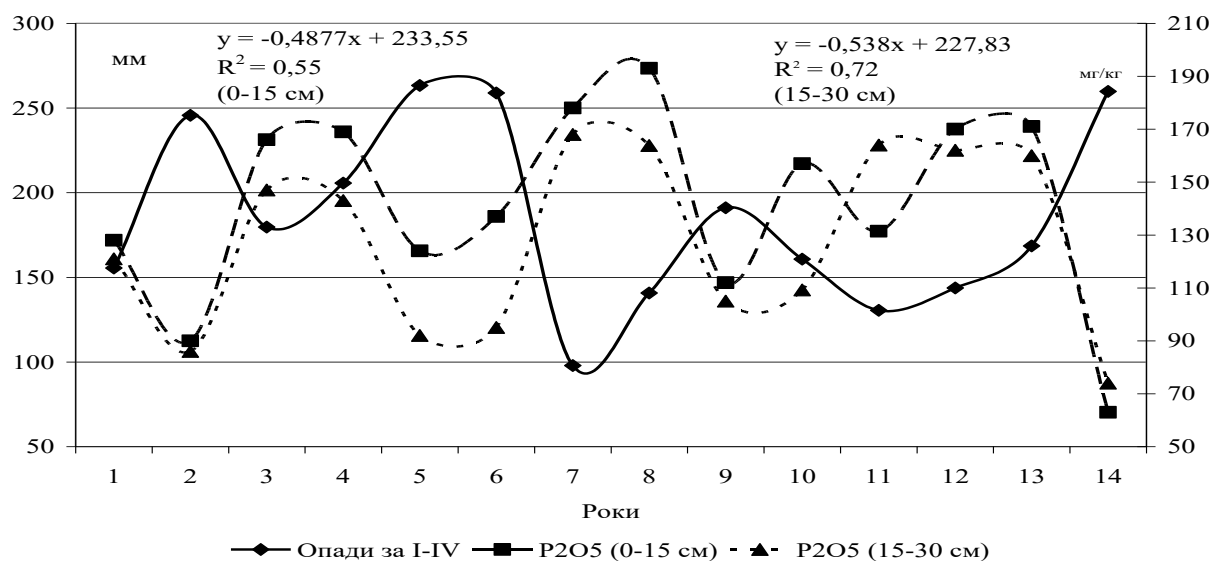


Рис. 7. Коливання вмісту рухомих сполук фосфору залежно від кількості опадів

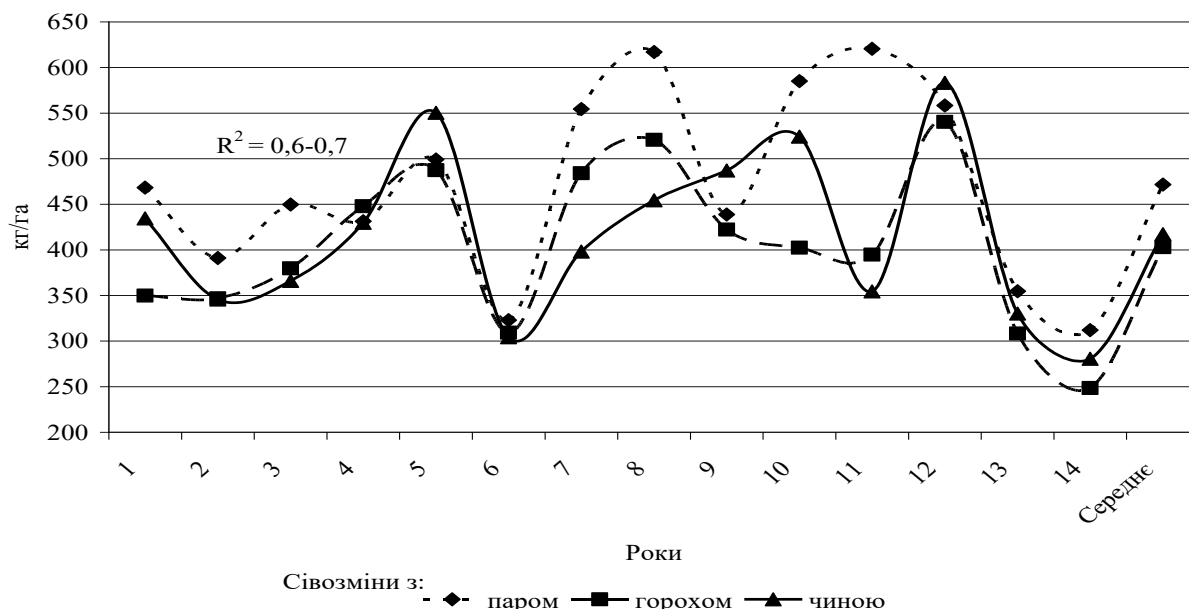


Рис. 8. Коливання в часі запасів обмінного калію у шарі ґрунту 0-30 см

рівень засвоюваності ґрунтового обмінного калію становить 17 %, а винос з ґрунту однією тонною зерна пшениці з відповідною кількістю соломи складає 21 кг, то умовний потенціал урожайності цієї культури за даним елементом залежно від умов зволоження буде коливатися від 3 до 5 т/га з середнім рівнем 4 т/га. Таке положення може свідчити, що наявний рівень забезпеченості ґрунту обмінним калієм, поряд з дефіцитом вологи, може бути обмежуючим фактором при формуванні врожаю польових культур.

Так, на прикладі гречки видно, що її врожайність має пряму залежність від забезпеченості ґрунту доступним фосфором і обмінним калієм у попередньому році (рис. 10). При цьому зі встановлених залежностей більш

виражений зв'язок виходу зерна гречки є з вмістом у ґрунті калію ( $R^2=0,65$ ) ніж фосфору ( $R^2=0,57$ ).

Позитивна кореляція урожайності гречки та ячменю ярого наступного року (рис. 11) вказує на покращення поживного режиму ґрунту, особливо за вмістом фосфору та калію. Однак для інших культур подібної залежності не встановлено, що вимагає подальшого дослідження. Однак для інших культур подібної залежності не встановлено, що вимагає подальшого дослідження.

Середня за роками продуктивність досліджуваних сівозмін за зерновими одиницями істотно відрізняється за збереження тенденцій впливу особливостей погодних умов на даний показник з  $R^2=0,75-0,90$  (рис. 12).

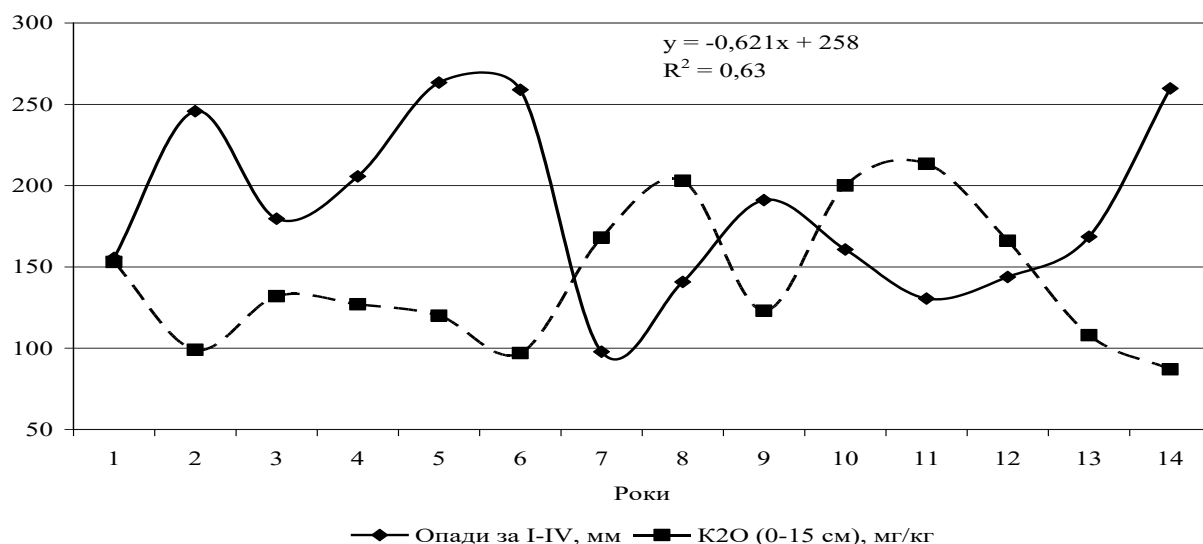


Рис. 9. Вплив кількості опадів до фази виходу в трубку пшениці озимої на вміст обмінного калію в ґрунті

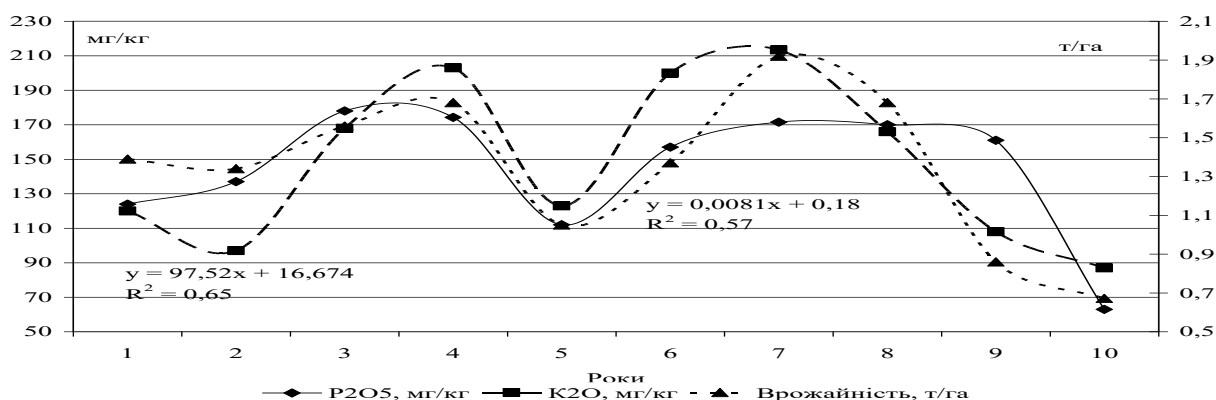


Рис. 10. Залежність між вмістом рухомих форм фосфору та калію і врожайністю гречки

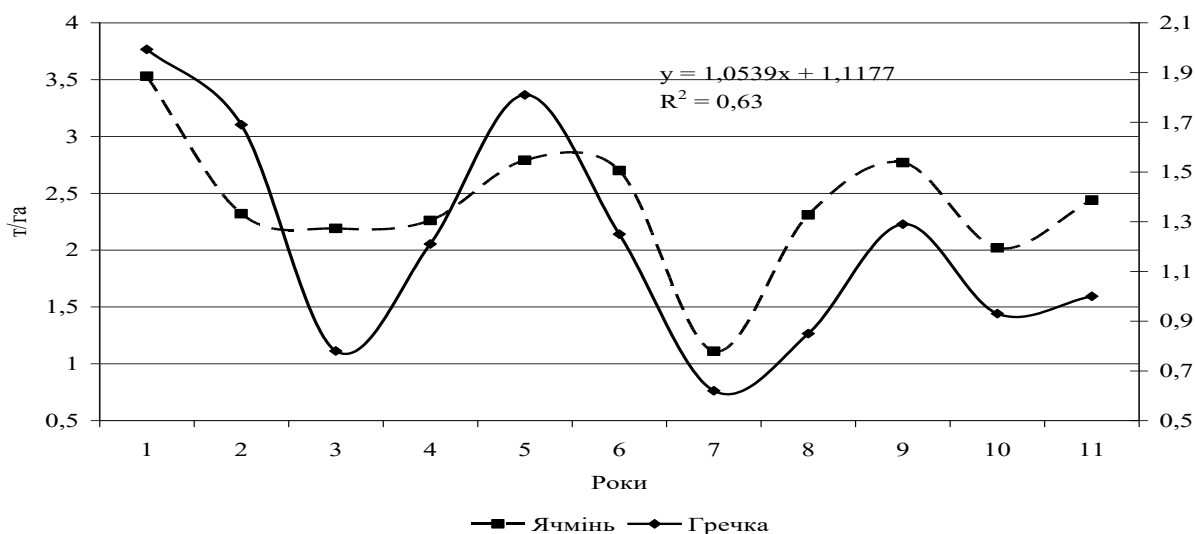


Рис. 11. Залежність між урожаєм гречки та наступного за нею ячменю ярого

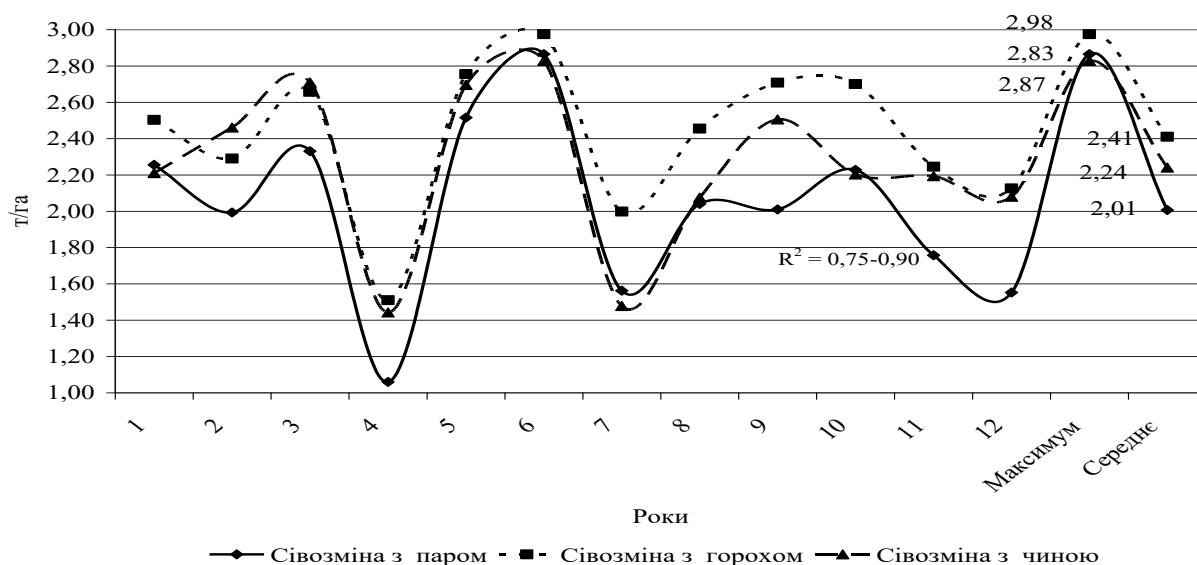


Рис. 12. Коливання по роках продуктивності сівозмін за виходом зерна

У сівозміні з чистим паром вихід зерна пшениці озимої, гречки та ячменю на гектар сівозмінної площі становив мінімально 1,06, максимально – 2,87 з середнім значенням 2,01 т/га, у сівозміні з горохом – 1,51, 2,98 і 2,41 т/га відповідно і в сівозміні з чиною – 1,44; 2,83 і 2,24 т/га. Виробництву можна рекомендувати ротацію з горохом, що в середньому за роками забезпечує на рівні 2,4 т/га зерна для отримання «органічних» круп або борошна.

Необхідно також зазначити, що за близьких по роках показниках собівартості та ціни реалізації зерна ячменю ярого та пшениці озимої остання має значно вищу врожайність. Це може свідчити про доцільність вилучення ячменю з сівозмін. У такому випадку середня за роками продуктивність трипільної сівозміни з чистим паром становитиме 2,9 т/га, а в сівозмінах з горохом і чиною практично не зміниться та складатиме 2,4 і 2,3 т/га. Таке положення пов'язано з тим, що продуктивність ячменю відповідає продуктивності сівозміни.

Також важливо оцінити потенціал продуктивності сівозмін у разі оптимізації умов зволоження, що імітуються в найбільш сприятливі роки. По сівозмінах потенціал виходу зерна в умовах зрошування з ячменем складатиме 4,1; 3,6 і 3,2 т/га відповідно, без ячменю – 4,4; 3,7 і 3,4 т/га.

**Висновки.** Проведене дослідження засвідчило, що вміст легкогідролізного азоту, рухомого фосфору та обмінного калію в ґрунті дослідного стаціонару значною мірою залежить від року та кліматичних умов, демонструючи істотні коливання протягом досліджуваного періоду. Зміни запасів азоту пов'язані з водним балансом, що складається по роках у перше півріччя. Встановлено також зв'язок між кількістю N<sub>г</sub> в орному шарі ґрунту та врожайністю культур у наступному році. Вміст фосфору та калію зворотно корелює з кількістю опадів за період січень – квітень, що можна пояснити їх біологічною мобілізацією рослинами та ґрунтовою біотою за сприятливих умов зволоження. Згідно

з коливанням забезпеченості ґрунту біогенними елементами умовний потенціал продуктивності пшениці озимої за азотом варіює від 4 до 6 т/га, за фосфором – від 4 до 7 т/га, за калієм – від 3 до 5 т/га. Таке положення може свідчити, що наявний рівень забезпеченості ґрунту обмінним калієм, поряд з дефіцитом вологи, може бути обмежуючим фактором при формуванні врожаю польових культур. Виявлено також залежність продуктивності гречки та наступного ячменю ярого від забезпеченості ґрунту доступним фосфором і обмінним калієм у попередньому році.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.

- Божко Л. Ю. Клімат і продуктивність овочевих культур в Україні: монографія. Одеса: Екологія, 2010. 368 с.
- Костюкевич Т. К., Шапорєва О. І. Оцінка впливу зміни клімату (RCP 6.0) на агрокліматичні умови вирощування гречки в центральній частині України. Актуальні проблеми рослинництва в умовах змін клімату : матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції молодих учених (26–27 жовтня 2022 р.) / Інститут рослинництва імені В. Я. Юр'єва НААН. Харків, 2022. С. 132–134.
- Heino, M., Guillaume, J. H. A., Muller, C., et al. (2020). A multi-model analysis of teleconnected crop yield variability in a range of cropping systems. *Earth System Dynamics*, 11(1), 113–128. <https://doi.org/10.5194/esd-11-113-2020>
- Anderson, W. B., Seager, R., Baethgen, W., et al. (2019). Synchronous crop failures and climate-forced production variability. *Science Advances*, 5(7), eaaw1976. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaw1976>.
- Challinor, A. J., Watson, J., Lobell, D. B., et al. (2014). A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation. *Nature Climate Change*, 4(4), 287–291. <https://doi.org/10.1038/nclimate2153>.
- Deryng, D., Sacks, W. J., Barford, C. C., et al. (2011). Simulating the effects of climate and agricultural management practices on global crop yield. *Global*

- Biogeochemical Cycles*, 25, GB2006. <https://doi.org/10.1029/2009GB003765>
7. S.M. Howden, J. Soussana, F.N. Tubiello, N. Chhetri, M. Dunlop, & H. Meinke, Adapting agriculture to climate change, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 104 (50) 19691-19696, <https://doi.org/10.1073/pnas.0701890104> (2007).
  8. Holzkämper, A., Calanca, P., & Fuhrer, J. (2013). Identifying climatic limitations to grain maize yield potentials using a suitability evaluation approach. *Agricultural and Forest Meteorology*, 168, 149–159. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2012.09.004>
  9. Kudria, S. (2020). Effects of hydrothermal conditions on agrophysical properties of typical chernozem and crop rotation productivity in the system of organic farming. *Land Reclamation and Water Management*, (2), 70 – 80. <https://doi.org/10.31073/mivg202002-250>
  10. Божко Л. Ю., Клевач А. В. Оцінка агрокліматичних умов вирощування кукурудзи за змін клімату на період до 2050 року // *Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції*. Полтава, 2018. С. 20–23.
  11. Коваленко Н. Проблеми виробництва зерна пшениці озимої через зміни клімату та науково-технологічні рішення для пом'якшення їх впливу: Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти // *Збірник матеріалів VII Міжнародної науково-практичної конференції*, 27 березня 2024 р., Науково-методичний центр ВФПО. Київ, 2024. С. 46–49.
  12. North-Eurasian Climate Center. Review of the state of climate change for 2016 (January–December). 2016. URL: <https://www.necc.org/en/> (дата звернення: 21.03.2026).
  13. Корхова М. М., Коваленко О. А. Вплив метеорологічних умов року на урожайність різних сортів пшениці м'якої озимої залежно від строків сівби та норм висіву. *Scientific-Researches*. 2016. № 2. С. 27–36.
  14. Наукові засади розвитку аграрного сектора економіки південного регіону України: монографія / за ред. М. І. Ромащенко, Р. А. Вожегової, А. П. Шатковського. Херсон, 2017. 438 с.
  15. Ткачук О. П., Вітер Н. Г. Динаміка кліматичних показників та їх вплив на урожайність основних сільськогосподарських культур у Вінницькій області. *Аграрні інновації*. 2023. № 17. С. 139–149. DOI: 10.32848/agrar.innov.2023.17.19.
  16. Бессонова В. П., Яковлева-Носарь С. О. *Фізіологія рослин: навчальний посібник*. Дніпропетровськ: Свідлер А. Л., 2014. 501 с.
  17. Гасанова І., Безсусідня Ю. Як отримати високоякісне зерно пшениці озимої. *Аграрний тиждень*. 2017. № 6(320). С. 34–36.
  18. Ходос В. М., Вайда П. В. Поглинання елементів живлення та продуктивність озимої пшениці за різних доз та способу застосування мінеральних добрив в умовах оптимального та недостатнього водозабезпечення. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Біологія*. 2007. Вип. 20. С. 214–219.
  19. Писаренко В. М., Писаренко П. В. *Органічні добрива на захисті родючості ґрунту: монографія*. Полтава, 2022. 156 с.
  20. Зубов О. Р., Зубова Л. Г., Славгородська Ю. В. Оцінка впливу метеорологічних факторів на урожайність озимих культур в умовах північної частини Луганської області. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 2. С. 14–20.
  21. Грицюк П. М., Бачишина Л. Д. Вплив змін кліматичних умов на динаміку врожайності зернових культур. *Економіка України*. 2016. № 6. С. 68–75. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/EkUk\\_2016\\_6\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/EkUk_2016_6_7) (дата звернення: 01.04.2026).
  22. Bandoc, G., & Prăvălie, R. (2015). Climatic water balance dynamics over the last five decades in Romania's most arid region, Dobrogea. *Journal of Geographical Sciences*, 25, 1307–1327. <https://doi.org/10.1007/s11442-015-1236-1>
  23. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. *Основи наукових досліджень в агрономії*. Київ: Дія, 2005. 288 с.
  24. Дідора В. Г., Смаглій О. Ф., Ермантраут Е. Р. та ін. *Методика наукових досліджень в агрономії: навч. посібник*. Київ: Центр навчальної літератури, 2013. 264 с.
  25. Рожков А. О., Пузік В. К., Каленська С. М. та ін. *Дослідна справа в агрономії: у 2 кн. Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи* / за ред. А. О. Рожкова. Харків: Майдан, 2016. 316 с. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/33532> (дата звернення: 12.03.2026).
  26. ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2005–01–01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 9 с. URL: <https://environmentallab.com.ua/wp-content/uploads/2021/12/dstu-4287-2004-yakist-gruntu.-vidbirannya-prob.pdf> (дата звернення: 12.03.2026).
  27. Образцова З. Г. Еколого-кліматичні особливості дослідного поля ХДАУ. *Вісник ХДАУ. Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство*. 2001. № 1. С. 96–104.

## REFERENCES:

1. Bozhko, L. Yu. (2010). Klimat i produktyvnist ovochevykh kultur v Ukraini [Climate and productivity of vegetable crops in Ukraine]. Odesa: Ekolohiia, 368 [in Ukrainian].
2. Kostiukievych, T. K., & Shaporieva, O. I. (2022). Otsinka vplyvu zminy klimatu (RCP 6,0) na ahroklimatychni umovy vyroshchuvannya hrechky v tseentralnii chastyni Ukrainy [Assessment of the impact of climate change (RCP 6.0) on the agro-climatic conditions of buckwheat cultivation in the central part of Ukraine]. Aktualni problemy roslinnytstva v umovakh zmin klimatu: materialy mizhnarodnoi naukovoï internet-konferentsii molodykh uchenykh [Actual problems of crop production under climate change: materials of the international scientific internet conference of young scientists] (pp. 132–134). Kharkiv: Instytut roslinnytstva imeni V. Ya. Yurieva NAAN [in Ukrainian].
3. Heino, M., Guillaume, J. H. A., Muller, C. et al. (2020). A multi-model analysis of teleconnected crop yield variability in a range of cropping systems. *Earth System Dynamics*, 11(1), 113–128. DOI: 10.5194/esd-11-113-2020.
4. Anderson, W. B., Seager, R., Baethgen, W. et al. (2019). Synchronous crop failures and climate-forced production variability. *Science Advances*, 5(7), eaaw1976. DOI: 10.1126/sciadv.aaw1976.
5. Challinor, A. J., Watson, J., Lobell, D. B. et al. (2014). A meta-analysis of crop yield under climate change and

- adaptation. *Nature Climate Change*, 4(4), 287–291. DOI: 10.1038/NCLIMATE2153.
6. Deryng, D., Sacks, W. J., Barford, C. C. et al. (2011). Simulating the effects of climate and agricultural management practices on global crop yield. *Global Biogeochemical Cycles*, 25, GB2006. DOI: 10.1029/2009GB003765.
  7. Howden, S. M., Soussana, J. F., Tubiello, F. N. et al. (2007). Adapting agriculture to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(50), 19691–19696. DOI: 10.1073/pnas.0701890104.
  8. Holzkämper, A., Calanca, P., & Fuhrer, J. (2013). Identifying climatic limitations to grain maize yield potentials using a suitability evaluation approach. *Agricultural and Forest Meteorology*, 168, 149–159. DOI: 10.1016/j.agrformet.2012.09.004.
  9. Kudria, S. I. (2020). Vplyv hidrotermichnykh umov na ahrofizychni vlastyivosti chornozemu typovoho ta produktyvnist sivozmin u systemi orhanichnogo zemlerobstva [Influence of hydrothermal conditions on the agrophysical properties of typical chernozem and the productivity of crop rotations in the system of organic farming]. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo*, 2, 70–80. DOI: 10.31073/mivg202002-250 [in Ukrainian].
  10. Bozhko, L. Yu., & Klevak, A. V. (2018). Otsinka ahroklimatichnykh umov vyroshchuvannia kukurudzy za zmin klimatu na period do 2050 roku [Assessment of agro-climatic conditions for growing maize under climate change for the period up to 2050]. *Materialy II Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii* [Materials of the II All-Ukrainian scientific and practical conference] (pp. 20–23). Poltava [in Ukrainian].
  11. Kovalenko, N. (2024). Problemy vyrobnytstva zerna pshenytsi ozymoi cherez zminy klimatu ta nauko-vo-tekhnologichni rishennia dlia pomiakishennia ikh vplyvu [Problems of winter wheat grain production due to climate change and scientific and technological solutions to mitigate their impact]. *Klimatychni zminy ta silske hospodarstvo. Vykyky dlia ahrarynoi nauky ta osvity: zbirnyk materialiv VII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii* [Climate change and agriculture. Challenges for agricultural science and education: collection of materials of the VII International scientific and practical conference] (pp. 46–49). Kyiv: Naukovo-metodychnyi tsentr VFPO [in Ukrainian].
  12. North-Eurasian Climate Center. (2017). Review of the state of climate change for 2016 (January–December). [in English].
  13. Korkhova, M. M., & Kovalenko, O. A. (2016). Vplyv meteorologichnykh umov roku na urozhainist riznykh sortiv pshenytsi miakoi ozymoi zalezno vid strokiv sivyby ta norm vysivu [Influence of meteorological conditions of the year on the yield of different varieties of soft winter wheat depending on sowing dates and seeding rates]. *Scientific-Researches*, 2, 27–36 [in Ukrainian].
  14. Romashchenko, M. I., Vozhehova, R. A., & Shatkovskiy, A. P. (Eds.). (2017). *Naukovi zasady rozvytku ahrarynogo sektora ekonomiky pivdennoho rehionu Ukrainy* [Scientific principles of the development of the agricultural sector of the economy of the southern region of Ukraine]. Kherson, 438 [in Ukrainian].
  15. Tkachuk, O. P., & Viter, N. H. (2023). Dynamika klimatichnykh pokaznykiv ta yikh vplyv na urozhainist osnovnykh silskohospodarskykh kultur u Vinnytskii oblasti [Dynamics of climate indicators and their influence on the yield of main agricultural crops in Vinnytsia region]. *Ahrarni innovatsii*, 17, 139–149. DOI: 10.32848/ahrar.innov.2023.17.19 [in Ukrainian].
  16. Bessonova, V. P., & Yakovlieva-Nosar, S. O. (2014). *Fiziologhiia roslyn* [Plant physiology]. Dnipropetrovsk: Svidler A. L., 501 [in Ukrainian].
  17. Hasanova, I., & Bezsusidnia, Yu. (2017). Yak otrymaty vysokoiakisne zerno pshenytsi ozymoi [How to get high-quality winter wheat grain]. *Ahrarnyi tyzhden*, 6(320), 34–36 [in Ukrainian].
  18. Khodos, V. M., & Vaida, P. V. (2007). Pohlynannia elementiv zhyvlennia ta produktyvnist ozymoi pshenytsi za riznykh doz ta sposobu zastosuvannia mineralnykh dobryv v umovakh optymalnogo ta nedostatnoho vodozabezpechennia [Nutrient absorption and productivity of winter wheat at different doses and methods of applying mineral fertilizers in conditions of optimal and insufficient water supply]. *Naukovyi visnyk UzhNU: Biologhiia*, 20, 214–219 [in Ukrainian].
  19. Pysarenko, V. M., & Pysarenko, P. V. (2022). Orhanichni dobryva na zakhysti rodiuchosti gruntu [Organic fertilizers in protection of soil fertility]. *Poltava*, 156 [in Ukrainian].
  20. Zubov, O. R., Zubova, L. H., & Slavhorodska, Yu. V. (2012). Otsinka vplyvu meteorologichnykh faktoriv na vrozhaunist ozymykh kultur v umovakh pivnichnoi chastyny Luhanskoi oblasti [Assessment of the influence of meteorological factors on the yield of winter crops in the conditions of the northern part of Luhansk region]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarynoi akademii*, 2, 14–20 [in Ukrainian].
  21. Hrytsiuk, P. M., & Bachyshyna, L. D. (2016). Vplyv zmin klimatichnykh umov na dynamiku vrozhaunisti zernovykh kultur [Impact of climate change on the dynamics of grain crop yields]. *Ekonomika Ukrainy*, 6, 68–75. Retrieved April 1, 2026, from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/EkUK\\_2016\\_6\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/EkUK_2016_6_7) [in Ukrainian].
  22. Bandoc, G., & Prăvălie, R. (2015). Climatic water balance dynamics over the last five decades in Romania's most arid region, Dobrogea. *Journal of Geographical Sciences*, 25, 1307–1327. DOI: 10.1007/s11442-015-1236-1 [in English].
  23. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., Opryshko, V. P., & Kostohryz, P. V. (2005). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii* [Basics of scientific research in agronomy]. Kyiv: Diia, 288 [in Ukrainian].
  24. Didora, V. H., Smahlii, O. F., Ermantraut, E. R. et al. (2013). *Metodyka naukovykh doslidzhen v ahronomii* [Methodology of scientific research in agronomy]. Kyiv: Tsentr navchalnoi literatury, 264 [in Ukrainian].
  25. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., Kalenska, S. M. et al. (2016). *Doslidna sprava v ahronomii: Teoretychni aspekty doslidnoi spravy* [Experimental business in agronomy: Theoretical aspects of experimental business] (Vol. 1). Kharkiv: Maidan, 316 [in Ukrainian].
  26. Yakist gruntu. Vidbyrannia prob [Soil quality. Sampling]. (2005). DSTU 4287:2004. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
  27. Obratsova, Z. H. (2001). Ekologho klimatychni osoblyvosti doslidnoho polia KhDAU [Ecological and climatic features of the KhSAU experimental field]. *Visnyk KhDAU. Gruntoznavstvo, ahrokhimii, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo*, 1, 96–104 [in Ukrainian].

Кудря С.І., Тараріко Ю.О., Сайдак Р.В., Лукашук В.П., Книш В.В. Вплив гідротермічних умов на поживний режим і продуктивність чорнозему типового

**Мета.** Встановити тенденції змін основних параметрів поживного режиму чорнозему типового та врожайності культур у різних сівозмінах стосовно динаміки агрометеорологічних факторів за умов нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України. Оптимізувати сівозміни для забезпечення відновлення ґрунтової родючості з урахуванням ґрунтово-кліматичних, економічних і соціальних особливостей господарств. **Методи.** У процесі виконання дослідницької роботи для досягнення поставленої мети, були використані загальнонаукові та спеціальні для аграрної науки методи досліджень. Оцінку змін агрометеорологічних ресурсів території здійснювали методом математико-статистичного аналізу показників умов теплового забезпечення: кліматичний водний баланс і кількість опадів. Дані стаціонарного польового дослідження обробляли методами системного узагальнення, кореляційного, економічного, розрахунково-порівняльного аналізів. **Результати.** На інформаційній базі стаціонарного польового дослідження встановлено, що у шарі ґрунту 0 – 15 см кількість легкогідролізних сполук азоту, доступного фосфору й обмінного калію коливалася по роках у межах 80 – 140, 60 – 180 і 90 – 210 мг/кг ґрунту відповідно. Зміни запасів азоту пов'язані з водним балансом, що складається у перше півріччя кожного року досліджень (на пшениці озимій  $R^2=0,6$ ). Установлено також зв'язок між кількістю N<sub>г</sub> в орному шарі ґрунту та врожайністю культур у наступному році (на пшениці озимій  $R^2=0,7$ ). Уміст фосфору та калію зворотно корелює ( $R^2=0,6$  і  $0,7$ ) з кількістю опадів за період січень – квітень, що можна пояснити біологічною їх мобілізацією за сприятливих умов зволоження. Згідно з коливанням забезпеченості ґрунту біогенними елементами умовний потенціал продуктивності пшениці озимої за азотом варіює від 4 до 6 т/га, за фосфором – від 4 до 7 т/га, за калієм – від 3 до 5 т/га. Коефіцієнт варіації врожайності бобових культур складає 30 – 33 %, пшениці озимої – 33 – 37 %, ячменю ярого – 36 – 37 %, що є показниками її низької сталості за роками. Врожайність культур залежно від особливостей погодних умов року також істотно коливалася: гороху в межах 0,8–3,2, чини – 0,8–2,6, пшениці озимої – 0,6–6,8, гречки – 0,6–1,9, ячменю ярого – 0,6 – 3,5 т/га. Сівозміна з горохом за продуктивністю 2,4 т/га зерна в середньому переважає інші за збереження закономірностей коливання цього показника залежно від гідротермічних умов. **Висновки.** За середньо статистичної ціни реалізації прибутковості на 1 га ріллі всіх досліджуваних сівозмін виявилася одного рівня з коливанням у несприятливі роки 27 – 35 у. о./га, у сприятливі – 97 – 104 у. о./га, з середнім рівнем 66 – 73 у. о./га. Якщо припустити, що ціна реалізації органічної продукції буде на 25 % вище порівняно зі звичайною то середня за роками прибутковості зросте в три рази.

**Ключові слова:** кореляція, погодні умови, поживний режим ґрунту, вміст біогенних елементів, органічні агро-екосистеми.

Kudria S.I., Tarariko Yu.O., Saidak R.V., Lukashuk V.P., Knysh V.V. Influence of hydrothermal conditions on the nutrient regime and productivity of typical chernozem

**Aim.** To establish trends in changes of the main nutrient regime parameters of typical chernozem and crop yields in various crop rotations relative to the dynamics of agrometeorological factors under conditions of unstable moisture in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. To optimize crop rotations to ensure soil fertility restoration, taking into account the soil-climatic, economic, and social characteristics of farms. **Methods.** In the course of the research work, general scientific and specialized agricultural research methods were used to achieve the set aim. Assessment of changes in the agrometeorological resources of the territory was carried out using the method of mathematical and statistical analysis of thermal and moisture supply indicators: climatic water balance and precipitation. Data from the stationary field experiment were processed using methods of systemic generalization, as well as correlational, economic, and calculation-comparative analyses. **Results.** Based on the data from a stationary field experiment, it was established that in the 0 – 15 cm soil layer, the amount of easily hydrolyzable nitrogen compounds, available phosphorus, and exchangeable potassium fluctuated over the years within 80 – 140, 60 – 180, and 90 – 210 mg/kg of soil, respectively. Changes in nitrogen reserves are linked to the water balance formed during the first half of each study year (for winter wheat,  $R^2=0.6$ ). A correlation was also established between the amount of alkali-hydrolyzable nitrogen in the topsoil and crop yields in the following year (for winter wheat,  $R^2=0.7$ ). The content of phosphorus and potassium correlates inversely ( $R^2=0.6$  and  $0.7$ ) with the amount of precipitation during the January – April period, which can be explained by their biological mobilization under favorable moisture conditions. According to the fluctuations in the soil's nutrient supply, the conditional productivity potential of winter wheat varies from 4 to 6 t/ha for nitrogen, 4 to 7 t/ha for phosphorus, and 3 to 5 t/ha for potassium. The coefficient of variation for the yield of legumes is 30 – 33%, winter wheat – 33 – 37%, and spring barley – 36 – 37%, indicating low yield stability over the years. Crop yields also fluctuated significantly depending on the weather conditions of the year: peas within 0.8 – 3.2, grass pea – 0.8 – 2.6, winter wheat – 0.6 – 6.8, buckwheat – 0.6 – 1.9, and spring barley – 0.6 – 3.5 t/ha. The crop rotation including peas, with an average productivity of 2.4 t/ha of grain, outperforms others while maintaining similar fluctuation patterns depending on hydrothermal conditions. **Conclusions.** At the average statistical selling price, the profitability per 1 hectare of arable land for all studied crop rotations was at the same level, fluctuating from 27 – 35 USD/ha in unfavorable years to 97 – 104 USD/ha in favorable ones, with an average level of 66 – 73 USD/ha. Assuming that the selling price of organic products will be 25% higher compared to conventional ones, the average annual profitability will increase threefold.

**Key words:** correlation, weather conditions, soil nutrient regime, nutrient content, organic agroecosystems.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026  
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026  
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026



## ВПЛИВ ПІЗНІХ ВЕСНЯНИХ ЗАМОРОЗКІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРТІВ ЯБЛУНІ В ІНТЕНСИВНИХ САДАХ

**ЛЕУС В.В.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
[orcid.org/0000-0002-7417-5968](https://orcid.org/0000-0002-7417-5968)

Державний біотехнологічний університет

**МУЛЕНКО Я.О.** – кандидат сільськогосподарських наук, викладач  
[orcid.org/0000-0001-9015-852X](https://orcid.org/0000-0001-9015-852X)

Державний біотехнологічний університет

**ШУБЕНКО Л.А.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
[orcid.org/0000-0002-8938-9520](https://orcid.org/0000-0002-8938-9520)

Білоцерківський національний аграрний університет

**Постановка проблеми.** В умовах сучасних кліматичних трансформацій ризик пошкодження плодових насаджень заморозками невинно зростає, що безпосередньо відображається на економічній ефективності садівництва [8, 9]. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває впровадження науково обґрунтованих та економічно доцільних технологій, спрямованих на зниження негативного впливу низьких температур у критичні періоди розвитку рослин.

Останні роки характеризуються помітним зростанням температурних контрастів: періоди зимових відлиг дедалі частіше змінюються різкими весняними похолоданнями. Така нестабільність клімату порушує природний цикл спокою плодових культур, спричиняючи передчасну вегетацію, раннє розпускання бруньок і початок цвітіння. Унаслідок цього генеративні органи рослин потрапляють під вплив пізніх весняних заморозків, що негативно позначається на формуванні врожаю та суттєво знижує його рівень. Найбільш уразливими залишаються фази цвітіння та початкового розвитку зав'язі, коли навіть короточасне зниження температури може призвести до значних втрат або повної втрати потенційної продуктивності насаджень.

За останнє десятиріччя в Україні неодноразово фіксувалися інтенсивні пізньовесняні заморозки, зокрема у 2017 та 2024 роках, які спричинили масштабні ушкодження плодових насаджень і суттєво вплинули як на обсяги, так і на якість урожаю. У 2025 році ця тенденція знову проявилася: хвилі весняного похолодання охопили значну частину території країни та призвели до відчутних втрат у садівництві. За оцінками експертів EastFruit, найбільш критичною стала ніч із 27 на 28 квітня, коли спостерігалися значні пошкодження плодових культур. Найбільше постраждали насадження яблуні та груші, які, незважаючи на відносну холодостійкість, виявилися особливо чутливими у фазі цвітіння. У ряді регіонів весною 2025 року також було зафіксовано до трьох хвиль заморозків, що збіглися з найбільш вразливими етапами розвитку яблуні та суттєво посилили втрати врожаю.

Дія низьких температур на рослинний організм має комплексний характер і проявляється на всіх рівнях його організації рослинного організму. На клітинному рівні відбувається формування кристалів льоду, які пошкоджують мембрани та порушують їх структурну цілісність. Одночасно замерзання води в міжклітинному просторі спричиняє її вихід із клітин, що веде до зневоднення тканин і виникнення стану, близького до фізіологічної посухи. Це супроводжується порушенням водного режиму, пригніченням фотосинтезу та загальним зниженням інтенсивності обмінних процесів у рослині [4].

Навіть за часткового збереження плодів на деревах після дії морозу вони часто мають чітко виражені ознаки ушкодження. На їх поверхні формуються перидермальні утворення як відповідь на травмування покривних тканин, а також з'являються тріщини різної глибини та протяжності. Типовими є й специфічні дефекти – «морозні кільця» та «морозні очі», які проявляються як локальні або концентричні зони деформації тканин. Такі зміни є наслідком порушення нормальних процесів клітинного росту та розвитку під впливом низьких температур.

Подібні дефекти є результатом нерівномірного поділу та розтягування клітин у пошкоджених тканинах, що порушує гармонійний розвиток плоду. Унаслідок цього знижується не лише товарна якість продукції, але й її лежкість та придатність до тривалого зберігання, що в цілому негативно впливає на економічні показники виробництва.

Пізньовесняні заморозки є одним із найнебезпечніших абіотичних чинників для насаджень яблуні, оскільки припадають на критичні фази цвітіння та формування зав'язі. Їх дія призводить до значного зниження врожайності та погіршення якості плодів, що має відчутні економічні наслідки для галузі. Саме тому, дослідження стійкості сортів до низьких температур є актуальним напрямом агрономічної науки.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За даними ряду вчених [7, 10] весняні заморозки суттєво знижують продуктивність яблуні, уражаючи квітки, зав'язі та молоді пагони, що може призвести як до





**Рис. 1. Вплив пізньовесняних заморозків на генеративні органи яблуні (цвітіння, зав'язь, плоди)**

часткової, так і до повної втрати врожаю. Навіть уже сформовані зав'язі є вразливими до дії низьких температур, що спричиняє значні економічні збитки та впливає на ринкову ситуацію через скорочення пропозиції плодів. За температур нижче 0 °C у тканинах квітки відбувається кристалізація води з утворенням льоду. Розростання кристалів із міжклітинного простору крізь клітинні мембрани призводить до руйнування клітин і їх загибелі. Після відтавання першою ознакою ушкодження є побуріння зав'язі, яке може охоплювати як стовпчик, так і саму зав'язь, свідчаючи про втрату їх функціональної здатності [3].

За даними досліджень, навіть незначні заморозки в межах -1...-3 °C у період цвітіння та формування зав'язі можуть завдати істотної шкоди насадженням яблуні. Рівень чутливості рослин до низьких температур значною мірою залежить від органу та фази розвитку. Найбільш уразливими є квітки й квіткові бруньки, оскільки їхні репродуктивні структури легко пошкоджуються, що призводить до порушення процесів запліднення та формування зародка [7].

У фазі повного цвітіння вже за температури близько -2 °C можливі значні втрати врожаю. Пошкоджені морозом

тканини спочатку набувають водянистого вигляду, згодом в'януть, темніють до бурого або чорного кольору і поступово відмирають. Особливо чутливою є маточка – центральний жіночий орган квітки; її побуріння є характерною ознакою незворотного ушкодження та втрати здатності до формування плоду.

У зарубіжних наукових дослідженнях значна увага приділяється порівняльній оцінці сортів яблуні за їх стійкістю до пізньовесняних заморозків. В умовах інтенсивного садівництва України найбільш поширеними є сорти Голден Делішес, Фуджі, Ред Делішес та Ред Йонапринц [2, 3, 5]. Їхня реакція на дію низьких температур суттєво відрізняється і визначається генетичними особливостями, рівнем агротехніки та конкретними кліматичними умовами вирощування.

За результатами досліджень А. Трохимчука [6], заморозки, що припадають на кінець квітня або початок травня, можуть спричиняти майже повну втрату врожаю у сортів, чутливих до холоду, зокрема таких як Ред Делішес і Ред Йонапринц. За результатами багаторічних наукових досліджень сорти яблуні були поділені на 3 групи за стійкістю до заморозків:

1. Стійкі сорти: мають високу здатність витримувати температуру до -4 °C без значних пошкоджень. До таких сортів відносяться Ренет Симиренка, Берклі. Дослідження свідчать, що ці сорти здатні відновлюватися після заморозків навіть після значних пошкоджень квітів і зав'язей.

2. Середньо-стійкі сорти: сорти, що мають помірну стійкість і можуть зазнавати незначних пошкоджень при температурі до -3 °C. Це, наприклад, сорти Голден Делішес, Фуджі.

3. Чутливі сорти: при температурі нижче -1 °C ці сорти можуть повністю втратити врожай. До них відносяться сорти, такі як Ред Делішес, Ред Йонапринц.

Згідно з результатами наукових досліджень [10], сорти яблуні, які мають підвищену експресію генів, відповідальних за холодостійкість, краще адаптуються до умов низьких температур і демонструють вищу продуктивність у холодному кліматі. Такі сорти характеризуються також здатністю до швидшого відновлення після морозних ушкоджень, що дає змогу частково або повністю зберегти врожайність навіть після інтенсивних заморозків.



**Рис. 2. Ступінь пошкодження суцвіть заморозками**

Окремий напрям досліджень присвячений вивченню генетичних механізмів стійкості яблуні до дії низьких температур. Встановлено, що цей показник значною мірою контролюється групою генів, які активуються у відповідь на стресові умови довкілля. Зокрема, важливу роль відіграють гени типу COR (*Cold Regulated*), що активуються при зниженні температури і запускають синтез захисних білків, які стабілізують клітинні структури та зменшують пошкодження тканин під впливом холоду.

Наслідки заморозків виходять далеко за межі втрат урожаю в поточному сезоні, оскільки вони негативно позначаються на загальному фізіологічному стані дерев, їх довготривалій продуктивності та потенціалі плодоношення в наступні роки. У зв'язку з цим особливо важливого значення набуває своєчасне застосування відновлювальних заходів після морозних ушкоджень, спрямованих на мінімізацію стресу, стимуляцію регенераційних процесів і формування повноцінних плодів бруньок для майбутнього врожаю.

Додатково заморозки пригнічують функціонування кореневої системи, що призводить до зниження інтенсивності поглинання води та поживних елементів із ґрунту. У результаті виникає дефіцит необхідних мінеральних речовин, особливо тих, що беруть участь у рості й формуванні нових пагонів. Паралельно пошкодження листкового апарату обмежує фотосинтетичну активність і синтез органічних сполук. Таким чином, заморозки виступають комплексним стресовим чинником, який одночасно впливає на ріст, розвиток і репродуктивну здатність рослин.

У цьому контексті точна діагностика ступеня морозних ушкоджень є критично важливою для вибору подальшої стратегії догляду за насадженнями. Повноцінну оцінку наслідків заморозків зазвичай можна отримати лише через кілька днів після впливу низьких температур, коли проявляються всі основні симптоми пошкоджень.

**Мета досліджень.** Метою дослідження є комплексна порівняльна оцінка стійкості різних сортів яблуні до пізніх весняних заморозків та визначення їх здатності формувати товарний урожай після дії низьких температур у критичні фази цвітіння і зав'язування плодів.

**Матеріали та методика досліджень** Дослідження було проведено в інтенсивному яблуневому саду ТОВ «Харківська фруктова компанія», розташованому в с. Коробочкіне Чугуївського району Харківської області. Насадження закладене у 2014 році за схемою 3,2 × 0,9 м.

**Об'єктами дослідження були сорти яблуні:** Ренет Симиренка, Голден Делішес, Ред Йонапринц, Ред Делішес, Пінова, Фуджі, Гала, Целеста, Дельбарестівале, Амброзія та Моді.

Дослід закладався у триразовому повторенні, при цьому кожен варіант включав по п'ять облікових дерев на дослідній ділянці [1]. Облік урожайності проводили шляхом індивідуального зважування плодів з кожного дерева з подальшим розрахунком середніх значень для кожного варіанта дослідів. Кількість пошкоджених плодів визначали в межах кожної повторності та виражали у відсотковому відношенні.

**Результати досліджень.** У 2025 році у період

проведення досліджень було зафіксовано дві хвили пізньовесняних заморозків. Перша відбулася 27 квітня, коли температура повітря знизилася до  $-3,7^{\circ}\text{C}$  у фазі початку цвітіння яблуні. Друга хвиля спостерігалася 1 травня з мінімальним значенням  $-4,1^{\circ}\text{C}$ , що відповідало фазі повного цвітіння. Уже наступного дня після кожного заморозку, при підвищенні температури до  $+7^{\circ}\text{C}$ , проводили відновлювальні обробки дерев препаратами на основі амінокислот і гіберелінів з метою зменшення наслідків морозного стресу та стимуляції фізіологічних процесів регенерації.

Отримані результати показали суттєву диференціацію сортів яблуні за рівнем стійкості до дії низьких температур і здатністю формувати врожай після заморозків. Найвищу продуктивність продемонстрував сорт Голден Делішес, урожайність якого досягла 38,1 т/га, що свідчить про відносно високу адаптивність до стресових умов (рис. 3).

Групу сортів із середнім рівнем урожайності (20–30 т/га) сформували Моді (29,0 т/га), Ред Йонапринц (27,5 т/га) та Пінова (23,3 т/га), що характеризує їх як помірно стійкі до впливу пізніх заморозків із частковим збереженням генеративного потенціалу.

Більшість досліджуваних сортів сформували урожайність на рівні 10–20 т/га: Гала (15,4 т/га), Фуджі (12,3 т/га), Целеста (17,8 т/га), Амброзія (10,1 т/га) та Ренет Симиренка (19,8 т/га), що свідчить про значне, але не критичне пригнічення продуктивності під впливом морозного стресу. Найнижчі показники урожайності зафіксовано у сортів Ред Делішес (5,2 т/га) та Дельбарестівале (2,9 т/га), що вказує на їх високу чутливість до пізньовесняних заморозків і суттєве порушення процесів формування врожаю в умовах екстремальних температур.

Під час оцінки стійкості сортів яблуні до пізньовесняних заморозків важливим індикатором є не лише загальний рівень урожайності, але й частка плодів із морфологічними ознаками морозних ушкоджень, зокрема наявністю характерних «морозних кілець». Такі плоди втрачають товарну якість і можуть бути використані виключно для промислової переробки. Відповідно, їх висока частка істотно знижує економічну ефективність вирощування яблуні в інтенсивних насадженнях, оскільки їх реалізаційна вартість у 5–6 разів нижча порівняно з продукцією товарного класу [3].

Результати досліджень засвідчили істотні сортові відмінності за ступенем ураження плодів морозними пошкодженнями. Найвищий відсоток дефектних плодів відзначено у сортів Ред Йонапринц (64,3 %) та Моді (52,1 %), що свідчить про їх підвищену чутливість до дії пізніх заморозків у генеративний період.

Досить значні показники ураження також зафіксовано у сортів Ред Делішес (48,1 %) та Целесте (43,7 %), які характеризуються частковим збереженням урожаю товарної якості.

Водночас відносно стабільні результати щодо збереження якості плодів продемонстрували сорти Гала та Амброзія, у яких частка пошкоджених плодів була нижчою та свідчила про кращу адаптацію до морозного стресу.

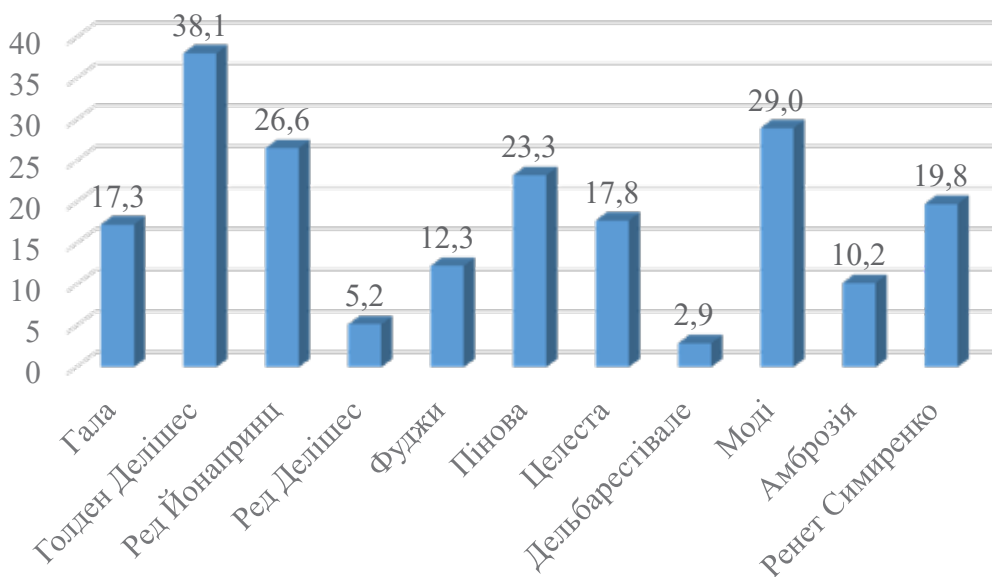


Рис. 3. Урожайність сортів яблуни після весняних заморозків, т/га

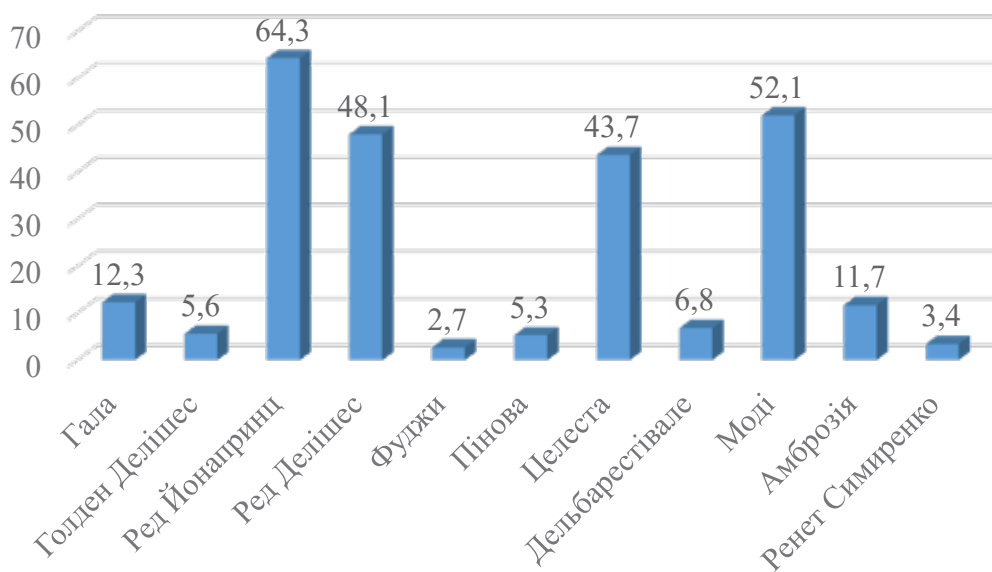


Рис. 4. Кількість плодів з ознаками пошкодження заморозками, %

Найменший рівень ушкоджених плодів встановлено у сортів Голден Делішес (5,6 %), Фуджі (2,7 %), Пінова (5,3 %) та Ренет Симиренка (3,4 %), що дозволяє віднести їх до групи найбільш стійких за збереженням товарної якості врожаю після дії пізньовесняних заморозків.

**Висновки.** Проведені дослідження дозволили встановити суттєві сортові відмінності яблуни за реакцією на дію пізніх весняних заморозків, що проявляються як у рівні загальної врожайності, так і в частці плодів із морфологічними ознаками морозних ушкоджень. Комплексний аналіз цих показників є ключовим для

об'єктивної оцінки адаптивного потенціалу сортів в умовах ризикованого садівництва.

У результаті встановлено, що найбільш стабільні показники формування товарної продукції забезпечили сорти Голден Делішес та Пінова. Вони характеризувалися відносно високим рівнем збереження генеративних органів після дії низьких температур, меншою часткою дефектних плодів та кращим співвідношенням між загальною та товарною урожайністю. Зокрема, товарна урожайність становила 36,0 та 22,1 т/га відповідно, що свідчить про їх здатність реалізовувати продуктивний потенціал за умов повторних хвиль заморозків.

Отже, в умовах Харківської області, де у 2025 році були зафіксовані дві хвили зниження температури до  $-3,7^{\circ}\text{C}$  (фаза початку цвітіння) та  $-4,1^{\circ}\text{C}$  (фаза повного цвітіння), саме сорти Голден Делішес і Пінова продемонстрували найвищий рівень адаптивності до пізньовесняних заморозків. Їх можна рекомендувати як більш надійні для вирощування в інтенсивних насадженнях регіону з підвищеним ризиком весняних температурних стресів, оскільки вони забезпечують стабільніше формування товарного врожаю навіть за несприятливих погодних умов.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Кондратенко П.В., Бублик М.О. Методика проведення польових досліджень з плодовими культурами. К.: Аграрна наука, 1996. 95 с.
2. Леус В.В. Оцінка сортів яблуні в умовах лівобережного Лісостепу України. *Abstracts of VI International Scientific and Practical Conference. Milan, Italy 2020*. pp. 24-25. DOI: 10.46299/ISG.2020.II.VI URL: <https://isg-konf.com>.
3. Леус В.В., Муленок, Я.О., Шубенко, Л.А. Продуктивність та економічна ефективність вирощування сортів яблуні в інтенсивних насадженнях. *Аграрні інновації*. 2025. № 31. С 88-93 <https://doi.org/10.32848/agraar.innov.2025.31.15>
4. Муленок Я.О., Мельник О.В., Леус В.В. Морозостійкість дерев яблуні залежно від способу і строку обрізування в умовах Лісостепу України. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2024. № 42. С. 25-31 <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-1.4>
5. Чецький Б.О. Господарсько-біологічна оцінка яблуні в умовах Правобережного Лісостепу України. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 203 «Садівництво та виноградарство» – Уманський Національний Університет Садівництва, Умань, 2023. 167 с. <https://lib.udau.edu.ua/handle/123456789/9533>
6. Трохимчук А. Зимостійкість і стійкість інтродукованих сортів яблуні до весняних заморозків в умовах Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 93(1). С. 79-82. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201501-14>
7. Choi, Y.M., Kim, S.B., Choi, D.G., Kim, S.H. and Song, J.H. (2025). Effects of meteorological factors and frost injury on flowering stage of apples and pears across regions at varying altitudes. *Horticulturae*. 11(3): 249. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11030249>
8. Lamichhane JR. Rising risks of late-spring frosts in a changing climate. *Nature Climate Change*. 2021; 11: V. 554-555 <https://www.nature.com/articles/s41558-021-01090-x>
9. Parker L, Pathak T, Ostojia S. Climate change reduces frost exposure for high-value California orchard crops. *Science of the Total Environment*. 2021; V. 762 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143971>
10. Unterberger C, Brunner L, Nabernegg S, Steininger KW, Steiner AK, Stabentheiner E, et al. Spring frost risk for regional apple production under a warmer climate. *PLoS ONE*. 2018; 13(7) <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200201>
1. Kondratenko P.V., & Bublyk M.O. (1996). *Metodyka provedennia polovykh doslidzhen z plodovymy kulturamy*. [Methodology for conducting field research with fruit crops]. Kyiv: Ahrarna nauka, 95 [in Ukrainian].
2. Leus V.V. (2020). *Otsinka sortiv yabluni v umovakh livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy*. [Evaluation of apple varieties in the conditions of the left-bank forest-steppe of Ukraine]. Abstracts of VI International Scientific and Practical Conference. Milan, Italy. pp. 24-25. ISBN – 978-1-63649-928-4. <https://doi.org/10.46299/ISG.2020.II.VI> [in Ukrainian].
3. Leus V.V., Mulienok, Ya.O., & Shubenko, L.A. (2025). *Produktyvnist ta ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannia sortiv yabluni v intensyvykh nasadzhenniakh*. [Productivity and economic efficiency of growing apple varieties in intensive plantations]. *Ahrarni innovatsii*, 31, 88-93 <https://doi.org/10.32848/agraar.innov.2025.31.15> [in Ukrainian].
4. Mulienok Ya.O., Melnyk O.V., & Leus V.V. (2024). *Morozostiikist derev yabluni zalezno vid sposobu i stroku obrizuvannia v umovakh Lisostepu Ukrainy*. [Frost resistance of apple trees depending on the method and timing of pruning in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*, 42, 25-31 <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-1.4> [in Ukrainian].
5. Chetskyi B.O. (2023). *Hospodarsko-biologichna otsinka yabluni v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy*. [Economic and biological assessment of apple trees in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Dysertatsiia na здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 203 «Sadivnytstvo ta vynohradarstvo»* – Uman'skyi Natsionalnyi Universytet Sadivnytstva, Uman, 167 <https://lib.udau.edu.ua/handle/123456789/9533> [in Ukrainian].
6. Trokhymchuk A. (2015). *Zymostiikist i stiikist introdukovanykh sortiv yabluni do vesnianykh zamorozkiv v umovakh Lisostepu*. [Winter hardiness and resistance of introduced apple varieties to spring frosts in forest-steppe conditions]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 93(1), 79-82. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201501-14> [in Ukrainian].
7. Choi, Y.M., Kim, S.B., Choi, D.G., Kim, S.H. & Song, J.H. (2025). *Effects of meteorological factors and frost injury on flowering stage of apples and pears across regions at varying altitudes*. *Horticulturae*, 11(3), 249. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11030249>
8. Lamichhane JR. (2021). *Rising risks of late-spring frosts in a changing climate*. *Nature Climate Change*, 11:V, 554-555 <https://www.nature.com/articles/s41558-021-01090-x>
9. Parker L, Pathak T, & Ostojia S. (2021). *Climate change reduces frost exposure for high-value California orchard crops*. *Science of the Total Environment*, V, 762 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143971>
10. Unterberger C, Brunner L, Nabernegg S, Steininger KW, Steiner AK, Stabentheiner E, et al. (2018). *Spring frost risk for regional apple production under a warmer climate*. *PLoS ONE*, 13(7) <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200201>

**Леус В.В., Муленок Я.О., Шубенко Л.А. Вплив пізніх весняних заморозків на продуктивність сортів яблуні в інтенсивних садах**

У статті наведено результати досліджень стійкості сортів яблуні до пізніх весняних заморозків у насадженнях інтенсивного типу. Метою дослідження було порівняння стійкості сортів яблуні та формування товарного урожаю після пошкодження пізніми весняними заморозками. Дослідження проводились з сортами яблуні Ренет Симиренка, Голден Делішес, Ред Йонапринц, Ред Делішес, Пінова, Фуджі, Гала, Целеста, Дельбарестівале, Амброзія, Моді.

Встановлено, що найвищу продуктивність продемонстрував сорт Голден Делішес, урожайність якого досягла 38,1 т/га, що свідчить про відносно високу адаптивність до стресових умов. Групу сортів із середнім рівнем урожайності (20–30 т/га) сформували Моді (29,0 т/га), Ред Йонапринц (27,5 т/га) та Пінова (23,3 т/га), що характеризує їх як помірно стійкі до впливу пізніх заморозків із частковим збереженням генеративного потенціалу.

Більшість досліджуваних сортів сформували урожайність на рівні 10–20 т/га: Гала (15,4 т/га), Фуджі (12,3 т/га), Целеста (17,8 т/га), Амброзія (10,1 т/га) та Ренет Симиренка (19,8 т/га), що свідчить про значне, але не критичне пригнічення продуктивності під впливом морозного стресу. Найнижчі показники урожайності зафіксовано у сортів Ред Делішес (5,2 т/га) та Дельбарестівале (2,9 т/га), що вказує на їх високу чутливість до пізньовесняних заморозків і суттєве порушення процесів формування врожаю в умовах екстремальних температур.

Таким чином, беручи до уваги комплексний показник урожайності та кількості плодів з ознаками пошкоджень, з усіх досліджених сортів варто виділити сорти Голден Делішес та Пінова, які забезпечили максимальну кількість товарних плодів 36,0 та 22,1 т/га, відповідно. Отже, встановлено, що в умовах Харківської області під час двох хвиль пониження температури у 2025 у році до  $-3,7^{\circ}\text{C}$  у фазу початок цвітіння та до  $-4,1^{\circ}\text{C}$  у фазу повного цвітіння найбільш стійкими до пізніх весняних заморозків були сорти яблуні Голден Делішес та Пінова.

**Ключові слова:** яблуня, сорт, урожайність, товарна якість, весняні заморозки.

**Leus V.V., Mulenok Ya.O., Shubenko L.A. The influence of late spring frosts on apple varieties productivity in intensive orchards**

The article presents the results of studies on apple varieties resistance to late spring frosts in intensive plantations. The aim of the study was to compare apple varieties resistance and the formation of a marketable crop after damage caused by late spring frosts. The studies were conducted with the apple varieties Renet Symyrenko, Golden Delicious, Red Yonaprinz, Red Delicious, Pinova, Fuji, Gala, Celesta, Delbarestivale, Ambrosia, Modi.

It was found that the highest productivity was demonstrated by the Golden Delicious variety, which yield reached 38.1 t/ha, which indicates a relatively high adaptability to stressful conditions. The group of varieties with an average yield level (20–30 t/ha) was formed by Modi (29.0 t/ha), Red Jonaprinz (27.5 t/ha) and Pinova (23.3 t/ha), which characterizes them as moderately resistant to the effects of late frosts with partial preservation of generative potential.

Most of the studied varieties formed a yield at the level of 10–20 t/ha: Gala (15.4 t/ha), Fuji (12.3 t/ha), Celesta (17.8 t/ha), Ambrosia (10.1 t/ha) and Renet Symyrenko (19.8 t/ha), which indicates a significant, but not critical, productivity suppression under the frost stress influence. The lowest yield indicators were recorded in the varieties Red Delicious (5.2 t/ha) and Delbarestivale (2.9 t/ha), which indicates their high sensitivity to late spring frosts and a significant crop formation processes disruption in extreme temperatures conditions.

Thus, taking into account the comprehensive yield indicator and the number of fruits with damage signs, from all the studied varieties, it is worth highlighting the Golden Delicious and Pinova varieties, which provided the maximum number of marketable fruits of 36.0 and 22.1 t/ha, respectively. Thus, it was established that in the Kharkiv region conditions during two waves of temperature drops in 2025 to  $-3.7^{\circ}\text{C}$  in the phase of flowering beginning and to  $-4.1^{\circ}\text{C}$  in the full flowering phase, the most resistant to late spring frosts were the apple varieties Golden Delicious and Pinova.

**Key words:** apple tree, variety, yield, marketable quality, spring frosts.

Дата першого надходження статті до видання: 22.04.2026  
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026  
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026



УДК 631.559–021.465:631.526.3):635.621  
DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.36.28>

## ПРОДУКТИВНІСТЬ РІЗНИХ ВИДІВ ГАРБУЗА

ЛЮБИЧ В.В. – доктор сільськогосподарських наук  
[orcid.org/0000-0003-4100-9063](https://orcid.org/0000-0003-4100-9063)  
Уманський національний університет

**Постановка проблеми.** Нині питання раціонального харчування людей є важливим. Воно відіграє значну роль у забезпеченні повноцінного існування сучасної людини [1, 2]. Стандартний раціон людини за останні кілька десятиліть зазнав багатьох негативних змін. Більшість споживачів віддають перевагу харчовим продуктам, у яких високий вміст жирів, холестерину, простих вуглеводів, при цьому таких надзвичайно важливих складників як клітковина, вітаміни, мікро- та макроелементи все рідше зустрічаються в сучасних продуктах харчування [3, 4]. Результатом такого незбалансованого харчування є надмірна маса, захворювання, що набули широкого поширення не тільки у дорослих, а й у дітей різного віку. Їжа є одним з найважливіших чинників, що впливає на здоров'я населення всієї країни [5]. Розроблення харчових продуктів з підвищеною біологічною та харчовою цінністю є нагальним завданням, що вимагає поліпшення складу продуктів харчування [6]. Тому нині збільшується попит на функціональні харчові продукти, які спрямовані на зміцнення здоров'я людини.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Споживачі в Україні та в усьому світі дедалі більше цікавляться здоровим способом життя та функціональними продуктами харчування з високою біологічною цінністю. Для виробництва таких продуктів харчування важливо вибирати сировину, яка відповідає низці вимог до якості [7]. Плоди гарбуза мають високий вміст поживних речовин, вітамінів, незамінних амінокислот і мінералів, що значною мірою відповідають цим вимогам [8].

Встановлено [9], що при використанні великоплідних сортів гарбуза для конвективного сушіння можна отримати 16,1–20,3 % сухої продукції з вмістом цукру 48,6–51,6 %, 11–14 і 34,5–40,2 % сортів мускатного горіха відповідно. Для виробництва функціональних харчових продуктів з вмістом  $\beta$ -каротину 40–41 мг/100 г (у перерахунку на суху речовину) доцільно використовувати плоди сортів мускатного гарбуза Гілея та Диво, а вітаміну С на рівні 28 мг% – великоплідних сортів Славута та Польовичка.

Дослідженнями [10] виявлено, що зі збільшенням маси плодів значно знижується вміст сухої речовини ( $r=-0,68$ ), цукрів ( $r=-0,67$ ) і вихід готової продукції ( $r=-0,74$ ). Встановлено сильний прямий зв'язок між вмістом сухої речовини і цукрів ( $r=0,98$ ), а також вмістом сухої речовини і виходом готової продукції ( $r=0,94$ ).

Матеріали статті мають практичну цінність для селекціонерів, овочівників і спеціалістів переробних

підприємств під час вибору виду та сорту гарбуза для виробництва функціональних продуктів харчування.

**Мета.** Визначити формування продуктивності різних видів гарбуза.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження проводили у 2021 і 2024 рр. на дослідному полі Уманського національного університету. Вирощували сорти гарбуза твердокорого Український багатоплідний, Лель, Мозолівський 15, сорти гарбуза мускатного Бутернут, Мускатний 2, Мускатний 3, Ягідний цукор, Мускатний 4, Мускатний 1, Доля, сорти гарбуза великоплідного Potimarron, Rouge Vif d'Étampes, Народна, Atlantic gigant, Титан, Великоплідний 1, Великоплідний 2, Кавбуз 3.

Вміст вітамінів визначали методом рідинної хроматографії на аналізаторі Хромос-301, а інтегральний скор – за такою формулою:

$$I = \frac{\Phi}{D} \times 100,$$

де  $I$  – інтегральний скор, %;  $\Phi$  – фактичний вміст складника, мг/100 г;  $D$  – добова потреба складника організму здорової людини, мг.

Статистичну обробку даних проводили дисперсійним аналізом. Дисперсійним аналізом підтверджували або спростовували «нульову гіпотезу». Для цього визначали значення коефіцієнта « $r$ », який показував ймовірність відповідної гіпотези. У випадках коли  $p < 0.05$  «нульова гіпотеза» спростовувалась, а вплив чинника був достовірним.

**Результати досліджень.** Встановлено, що врожайність гарбуза значно змінювалась залежно від сорту гарбуза (табл. 1). Найбільшу врожайність забезпечувало вирощування місцевих сортів гарбуза мускатного Мускатний 4 і Мускатний 1 – 70,8–71,0 т/га. Великий діапазон урожайності плодів гарбуза зумовлено сортовими особливостями. Так, урожайність гарбуза твердокорого змінювалась від 40,9 до 44,1 т/га, гарбуза мускатного – від 63,0 до 71,0 т/га, а гарбуза великоплідного – від 33,0 до 66,3 т/га.

Необхідно відзначити, що висока продуктивність гарбуза спостерігалась упродовж двох років досліджень. Це свідчить про високу адаптивну здатність гарбуза забезпечувати стабільний врожай плодів.

Дослідження свідчать, що 100 г свіжого гарбуза найбільше забезпечують добову потребу організму людини вітамінами А,  $B_6$  і  $B_5$  (табл. 2). Інтегральний скор для вітаміну А був від 12,4 до 49,9 %,  $B_6$  – від



Таблиця 1

Урожайність різних видів гарбуза, т/га

| Сорт                      | Рік проведення дослідження |      | Середнє за два роки |
|---------------------------|----------------------------|------|---------------------|
|                           | 2021                       | 2024 |                     |
| Український багатоплідний | 39,7                       | 42,1 | 40,9                |
| Лель                      | 41,5                       | 43,7 | 42,6                |
| Мозоліївський 15          | 43,6                       | 44,5 | 44,1                |
| Бутернут                  | 62,1                       | 63,8 | 63,0                |
| Мускатний 2               | 64,2                       | 65,1 | 64,7                |
| Мускатний 3               | 67,9                       | 65,2 | 66,6                |
| Ягідний цукор             | 60,7                       | 63,4 | 62,1                |
| Мускатний 4               | 69,4                       | 72,1 | 70,8                |
| Мускатний 1               | 71,2                       | 70,8 | 71,0                |
| Доля                      | 66,5                       | 65,9 | 66,2                |
| Potimarron                | 32,1                       | 33,9 | 33,0                |
| Rouge Vif d'Étampes       | 36,8                       | 32,4 | 34,6                |
| Народна                   | 42,5                       | 43,1 | 42,8                |
| Atlantic gigant           | 50,3                       | 51,8 | 51,1                |
| Титан                     | 52,9                       | 51,7 | 52,3                |
| Великоплідний 1           | 52,7                       | 53,4 | 53,1                |
| Великоплідний 2           | 53,7                       | 54,6 | 54,2                |
| Кавбуз 3                  | 65,8                       | 66,7 | 66,3                |
| HIP <sub>05</sub>         | 3,3                        | 3,4  | —                   |

Таблиця 2

Інтегральний скор вітамінів у 100 г свіжого гарбуза (середнє за два роки), %

| Сорт                      | Вітамін |      |                |                |                |                |                |                |
|---------------------------|---------|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                           | A (RAE) | C    | B <sub>9</sub> | B <sub>2</sub> | B <sub>6</sub> | B <sub>1</sub> | B <sub>5</sub> | B <sub>3</sub> |
| Лель                      | 12,4    | 3,4  | 1,8            | 2,8            | 5,4            | 2,5            | 4,4            | 1,9            |
| Мозоліївський 15          | 14,4    | 4,0  | 2,1            | 3,3            | 6,2            | 2,9            | 4,8            | 2,1            |
| Український багатоплідний | 15,3    | 4,0  | 2,1            | 3,5            | 6,2            | 3,0            | 5,4            | 2,2            |
| Бутернут                  | 19,9    | 5,2  | 2,9            | 4,5            | 8,5            | 3,8            | 6,4            | 3,2            |
| Мускатний 2               | 23,3    | 5,8  | 3,1            | 5,1            | 9,2            | 4,1            | 8,0            | 3,3            |
| Мускатний 3               | 25,9    | 6,0  | 3,4            | 5,7            | 9,2            | 4,7            | 7,8            | 3,4            |
| Ягідний цукор             | 26,6    | 6,5  | 3,6            | 5,5            | 10,0           | 4,9            | 8,8            | 3,9            |
| Мускатний 4               | 27,9    | 7,2  | 3,8            | 6,5            | 10,8           | 4,8            | 10,0           | 4,1            |
| Мускатний 1               | 29,7    | 7,1  | 4,0            | 6,8            | 11,5           | 5,7            | 9,4            | 4,0            |
| Доля                      | 35,9    | 8,2  | 4,4            | 7,9            | 13,1           | 6,6            | 10,0           | 4,9            |
| Великоплідний 1           | 12,9    | 3,2  | 1,6            | 2,5            | 4,6            | 2,3            | 4,2            | 1,6            |
| Atlantic gigant           | 14,4    | 3,8  | 1,8            | 2,9            | 5,4            | 2,7            | 5,0            | 1,8            |
| Великоплідний 2           | 16,6    | 4,1  | 1,9            | 3,4            | 5,4            | 2,7            | 5,4            | 2,2            |
| Rouge Vif d'Étampes       | 22,6    | 5,2  | 2,6            | 4,4            | 6,9            | 3,5            | 6,8            | 2,6            |
| Народна                   | 29,8    | 7,1  | 3,4            | 6,0            | 10,0           | 4,5            | 8,8            | 4,0            |
| Титан                     | 30,3    | 7,7  | 3,7            | 6,1            | 10,0           | 4,7            | 9,4            | 4,3            |
| Кавбуз 3                  | 31,3    | 7,5  | 3,6            | 7,0            | 10,0           | 5,3            | 9,8            | 4,0            |
| Potimarron                | 49,9    | 12,6 | 6,2            | 10,4           | 16,9           | 9,0            | 16,2           | 6,9            |

4,9 до 16,9, B<sub>5</sub> – від 4,4 до 16,2 % залежно від сорту. Інтегральний скор решти вітамінів змінювався від 1,8 до 12,6 %.

Необхідно відзначити, що найвищий інтегральний скор вітамінів забезпечує 100 г свіжої м'якоти сорт гарбуза мускатного Доля і лінія Мускатний 1 – 4,0–35,9 %, сорти гарбуза великоплідного Народна, Титан, Кавбуз 1 і Potimarron – 4,5–49,9 %.

**Висновки.** Урожайність гарбуза змінюється залежно від сорту та виду гарбуза. При цьому найвищу врожайність плодів забезпечує вирощування сортів

гарбуза мускатного сортів Мускатний 4 і Мускатний 1 – 70,8–71,0 т/га.

Найвищий інтегральний скор вітамінів забезпечує 100 г свіжої м'якоти сорт гарбуза мускатного Доля і лінія Мускатний 1 – 4,0–35,9 %, сорти гарбуза великоплідного Народна, Титан, Кавбуз 1 і Potimarron – 4,5–49,9 %.

Сорт гарбуза мускатного Мускатний 1 поєднує високу врожайність плодів з високою біологічною її цінністю. Це дає можливість отримувати високу врожайність плодів без зниження їх якості та робить цей місцевий сорт перспективним для використання в селекції та практиці.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ulyanych O., Poltoretskyi S., Liubych V., Yatsenko A., Yatsenko V., Lazariev O., Kravchenko V. Effect of surface drip irrigation and cultivars on physiological state and productivity of faba bean crop. *Agraarteadus*. 2021. Vol. 32(1). P. 139–149.
2. Ebrahimi M., Noori S. M. A., Sadeghi A., Coban O., Zanganeh J., Ghodsmofidi S. M. et. al. Application of cereal-bran sourdoughs to enhance technological functionality of white wheat bread supplemented with pumpkin (*Cucurbita pepo*) puree. *LWT*. 2022. Vol. 158. 113079.
3. Liubych V., Novikov V., Zheliezna V., Makarchuk M., Balabak O., Kirian V. et. al. Quality forming patterns in the cupcake enriched with pumpkin slices. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. Vol. 2 (11 (116)). P. 43–51.
4. Любич В. В., Новіков В. В., Желєзна В. В. Формування якості хліба пшеничного з добавлянням пюре гарбузового. *Збірник Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106, Ч. 1. С. 262–280.
5. Minarovicova L., Laukova M., Kohajdova Z., Karovicova J., Kuchtova V. Effect of pumpkin powder incorporation on cooking and sensory parameters of pasta. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2017. Vol. 11. P. 373–379.
6. Scarton M., Nascimento G. C., Felisberto M. H. F., Moro T. de M. A., Behrens J. H., Barbin D. F., Clerici M. T. P. S. Muffin with pumpkin flour: technological sensory and nutritional quality. *Brazilian Journal of Food Technology*. 2021. Vol. 24. P. 202–229.
7. Partridge D., Lloyd K. A., Rhodes J. M., Walker A. W., Johnstone A. M., Campbell B. J. Food additives: Assessing the impact of exposure to permitted emulsifiers on bowel and metabolic health – introducing the FADiets study. *Nutr Bull.* 2019. Vol. 44(4). P. 329–349.
8. Любич В. В., Новіков В. В., Желєзна В. В. Розроблення технології кексу з пюре гарбузовим. *Збірник Уманського національного університету садівництва*. 2024. Вип. 105. С. 7–29.
9. Bayramov E., Aliyev S., Gasimova A., Gurbanova S., Kazimova I. Increasing the biological value of bread through the application of pumpkin puree. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. Vol. 2 (11(116)). P. 58–68.
10. Любич В. В., Желєзна В. В., Карпенко В. П., Новіков В. В. Технологічні параметри якості печива пісочного з добавлянням борошна гарбузового різних сортів. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського*. 2022. Том 33 (72) № 5. С. 275–279.
3. Liubych, V., Novikov, V., Zheliezna, V., Makarchuk, M., Balabak, O., Kirian, V. et. al. (2022). Quality forming patterns in the cupcake enriched with pumpkin slices. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (11 (116)), 43–51.
4. Lyubich, V. V., Novikov, V. V., Zhelezna, V. V. (2025). *Formuvannia yakosti khliba pshenichnoho z dobavlianniam piure harbuzovoho* [Formation of the quality of wheat bread with the addition of pumpkin puree]. *Zbirnyk Uman'skoho natsionalnoho universytetu*, 106, 262–280. (in Ukrainian).
5. Minarovicova, L., Laukova, M., Kohajdova, Z., Karovicova, J., Kuchtova, V. (2017). Effect of pumpkin powder incorporation on cooking and sensory parameters of pasta. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 11, 373–379.
6. Scarton, M., Nascimento, G. C., Felisberto, M. H. F., Moro, T. de M. A., Behrens, J. H., Barbin, D. F., Clerici, M. T. P. S. (2021). Muffin with pumpkin flour: technological sensory and nutritional quality. *Brazilian Journal of Food Technology*, 24, 202–229.
7. Partridge, D., Lloyd, K. A., Rhodes, J. M., Walker, A. W., Johnstone, A. M., Campbell, B. J. (2019). Food additives: Assessing the impact of exposure to permitted emulsifiers on bowel and metabolic health – introducing the FADiets study. *Nutr Bull.*, 44(4), 329–349.
8. Lyubich, V. V., Novikov, V. V., Zhelezna, V. V. (2024). *Rozroblennia tekhnolohii keksu z piure harbuzovym* [Development of pumpkin puree cake technology]. *Zbirnyk Uman'skoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 105, 7–29. [in Ukrainian].
9. Bayramov, E., Aliyev, S., Gasimova, A., Gurbanova, S., Kazimova, I. (2022). Increasing the biological value of bread through the application of pumpkin puree. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (11(116)), 58–68.
10. Lyubich, V. V., Zhelezna, V. V., Karpenko, V. P., Novikov, V. V. (2022). *Tekhnolohichni parametry yakosti pechyva pisochnoho z dobavlianniam boroshna harbuzovoho riznykh sortiv* [Technological parameters of the quality of shortbread cookies with the addition of pumpkin flour of different varieties]. *Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnoho universytetu imeni V.I. Vernad'skoho*, 33 (72), 5, 275–279. (in Ukrainian).

## Любич В.В. Продуктивність різних видів гарбуза

**Мета.** Визначити формування продуктивності різних видів гарбуза. **Методи.** Лабораторний, вимірювальний, порівняльний, аналізування, статистичний. **Результати.** Встановлено, що врожайність гарбуза значно змінювалась залежно від сорту гарбуза. Найбільшу врожайність забезпечувало вирощування місцевих сортів гарбуза мускатного Мускатний 4 і Мускатний 1 – 70,8–71,0 т/га. Великий діапазон урожайності плодів гарбуза зумовлено сортовими особливостями. Так, урожайність гарбуза твердокорого змінювалась від 40,9 до 44,1 т/га, гарбуза мускатного – від 63,0 до 71,0 т/га, а гарбуза великоплідного – від 33,0 до 66,3 т/га. Необхідно відзначити, що висока продуктивність гарбуза спостерігалась упродовж двох років досліджень. Це свідчить про високу адаптивну здатність гарбуза забезпечувати стабільний врожай плодів. Дослідження свідчать, що 100 г свіжого гарбуза найбільше забезпечують добову потребу організму людини вітамінами А, В<sub>6</sub> і В<sub>5</sub>. Інтегральний скор для вітаміну А був від 12,4 до 49,9 %, В<sub>6</sub> – від 4,9 до 16,9,

## REFERENCES:

1. Ulyanych, O., Poltoretskyi, S., Liubych, V., Yatsenko, A., Yatsenko, V., Lazariev, O., Kravchenko, V. (2021). Effect of surface drip irrigation and cultivars on physiological state and productivity of faba bean crop. *Agraarteadus*, 32(1), 139–149.
2. Ebrahimi, M., Noori, S. M. A., Sadeghi, A., Coban, O., Zanganeh, J., Ghodsmofidi, S. M. et. al. (2022). Application of cereal-bran sourdoughs to enhance technological functionality of white wheat bread supplemented with pumpkin (*Cucurbita pepo*) puree. *LWT*, 158, 113079.

B<sub>5</sub> – від 4,4 до 16,2 % залежно від сорту. Інтегральний скор решти вітамінів змінювався від 1,8 до 12,6 %. Необхідно відзначити, що найвищий інтегральний скор вітамінів забезпечує 100 г свіжої м'якоті сорт гарбуза мускатного Доля і лінія Мускатний 1 – 4,0–35,9 %, сорти гарбуза великоплідного Народна, Титан, Кавбуз 1 і Potimarron – 4,5–49,9 %. **Висновки.** Урожайність гарбуза змінюється залежно від сорту та виду гарбуза. При цьому найвищу врожайність плодів забезпечує вирощування сортів гарбуза мускатного сортів Мускатний 4 і Мускатний 1 – 70,8–71,0 т/га. Найвищий інтегральний скор вітамінів забезпечує 100 г свіжої м'якоті сорт гарбуза мускатного Доля і лінія Мускатний 1 – 4,0–35,9 %, сорти гарбуза великоплідного Народна, Титан, Кавбуз 1 і Potimarron – 4,5–49,9 %. Сорт гарбуза мускатного Мускатний 1 поєднує високу врожайність плодів з високою біологічною її цінністю. Це дає можливість отримувати високу врожайність плодів без зниження їх якості та робить цей місцевий сорт перспективним для використання в селекції та практиці.

**Ключові слова:** урожайність, якість м'якоті, гарбуз твердокорий, гарбуз мускатний, гарбуз великоплідний, умови вирощування.

#### Liubych V.V. Productivity of different species of pumpkin

**Aim.** To determine the formation of productivity of different types of pumpkin. **Methods.** Laboratory, measuring, comparative, analysis, statistical. **Results.** It was found that pumpkin yield varied significantly depending on the pumpkin variety. The highest yield was provided by the cultivation of local varieties of musk pumpkin Muscatny 4 and

Muscatny 1 – 70.8–71.0 t/ha. The large range of pumpkin fruit yield is due to varietal characteristics. Thus, the yield of hard-shelled pumpkin varied from 40.9 to 44.1 t/ha, of musk pumpkin – from 63.0 to 71.0 t/ha, and of large-fruited pumpkin – from 33.0 to 66.3 t/ha. It should be noted that high pumpkin productivity was observed during two years of research. This indicates a high adaptive ability of pumpkin to ensure a stable fruit yield. Studies show that 100 g of fresh pumpkin provides the human body with the most daily requirement of vitamins A, B6 and B5. The integral score for vitamin A was from 12.4 to 49.9 %, B6 – from 4.9 to 16.9, B5 – from 4.4 to 16.2 % depending on the variety. The integral score of the remaining vitamins varied from 1.8 to 12.6 %. It should be noted that the highest integral score of vitamins is provided by 100 g of fresh pulp of the Dolya and Muskatny 1 varieties of pumpkins – 4.0–35.9 %, and the large-fruited varieties of pumpkins Narodna, Titan, Kavbuz 1 and Potimarron – 4.5–49.9 %. **Conclusions.** Pumpkin yield varies depending on the variety and type of pumpkin. At the same time, the highest fruit yield is provided by the cultivation of the varieties of musk pumpkin Muskatny 4 and Muskatny 1 – 70.8–71.0 t/ha. The highest integral vitamin score is provided by the variety of musk pumpkin Dolya and the line Muskatny 1 – 4.0–35.9 %, the varieties of large-fruited pumpkin Narodna, Titan, Kavbuz 1 and Potimarron – 4.5–49.9 %. The variety of musk pumpkin Muskatny 1 combines high fruit yield with its high biological value. This makes it possible to obtain high fruit yield without reducing their quality and makes this local variety promising for use in breeding and practice.

**Key words:** yield, pulp quality, hard-shelled pumpkin, musk pumpkin, large-fruited pumpkin, growing conditions.

Дата першого надходження статті до видання: 22.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## EFFECT OF FERTILIZER RATE ON THE FORMATION OF ROOT CHICORY YIELD AND INULIN YIELD

**MAZURENKO B.O.** – Doctor of Philosophy

*orcid.org/0000-0002-4177-9909*

National University of Life and Environmental Sciences

**HONCHAR L.M.** – Candidate of Agricultural Sciences

*orcid.org/0000-0002-3628-6659*

National University of Life and Environmental Sciences

**Problem statement.** One of the key requirements of modern agricultural production is to increase the tolerance of crops to abiotic stress factors, particularly osmotic stress, the intensity of which is increasing under climate change and anthropogenic pressure on agroecosystems [6, 11]. Osmotic stress, caused by water deficit or an increased concentration of mineral compounds in the soil solution, substantially affects plant morphogenesis, growth, development, and yield formation [6].

Root crops, including root chicory, are particularly sensitive to changes in the water–osmotic regime of the soil, since the productive organ is formed directly within the zone affected by soil factors [8, 12]. In intensive farming systems, the application of mineral fertilizers, despite their positive effect on productivity, may increase the osmotic pressure of the soil solution and induce osmotic stress [5, 11], leading to morphological changes in plants and disturbances in growth processes [7, 9].

At the same time, the issue of the morphological sensitivity of root chicory to osmotic stress caused by different levels and forms of fertilization remains insufficiently studied [2, 3]. Studying the responses of plant morphological traits to such conditions is important for understanding the adaptive mechanisms and stress tolerance level of this crop [2, 6].

The practical significance of the study lies in substantiating environmentally appropriate and resource-saving fertilization systems that ensure optimal growth conditions for root chicory without excessive osmotic load [11, 12]. The obtained results may be used to improve yield stability, enhance the morphometric and quality parameters of root crops, and introduce innovative agrotechnologies into production [13].

**Analysis of recent research and publications.** In recent years, considerable research attention has been paid to studying plant responses to abiotic stresses, including osmotic stress, which occurs under conditions of moisture deficit or increased salt concentration in the soil solution [6, 7]. Scientific studies emphasize that osmotic stress is one of the key limiting factors of crop productivity and directly affects morphogenesis, root system growth, and yield formation [6].

Root chicory (*Cichorium intybus* L.) is a promising crop with high ecological plasticity; however, numerous studies confirm its sensitivity to water and osmotic stress [2, 3, 7].

Under drought conditions, chicory plants show reduced dry matter accumulation, plant height, and number of leaves, along with changes in the morphological characteristics of roots [7, 8]. At the same time, moderate water stress may induce adaptive responses associated with changes in anatomical and morphological structure and the accumulation of biologically active compounds [3].

Studies using different rates of mineral fertilizers demonstrate their positive effect on biomass and productivity indicators, but often without considering the possible osmotic load on plants [5]. At the same time, it has been shown that fertilizer application can substantially alter root system development, affecting water and nutrient uptake, especially under stress conditions [8, 11].

It has been established that the use of certain fertilizer forms and micronutrients, particularly potassium and silicon compounds, can reduce the negative effects of salt or water stress on the physiological and morphological parameters of chicory [4]. However, most of these studies focus mainly on physiological and biochemical parameters, such as chlorophyll content and antioxidant enzyme activity, whereas the morphological traits of root crops are analysed only to a limited extent [2, 9].

Thus, scientific studies cover issues related to chicory drought tolerance, the effects of salt stress, and the effectiveness of individual fertilizers. However, the complex influence of fertilization systems as a factor inducing osmotic stress on the morphological characteristics of root chicory remains insufficiently studied [2, 5]. There is a practical lack of studies tracing the relationship between levels of mineral fertilization, the osmotic status of the soil solution, and the morphometric parameters of root crops.

These unresolved aspects of the broader problem determine the relevance of studying the morphological sensitivity of root chicory to fertilizer-induced osmotic stress and define the scientific and practical focus of this research.

**Purpose.** To determine the effect of the fertilization system on the morphological parameters of root chicory in order to optimize the agrotechnologies for its cultivation.

**Research methodology.** Field studies were conducted during 2021–2024 on grey forest soils. The soil of the experimental plot was characterized by an equilibrium bulk density of 1.1–1.2 g/cm<sup>3</sup>. Total water capacity was 39–40%, field water capacity was 27.2%, capillary rupture



moisture content was 19.4%, and permanent wilting moisture was 10.2%.

The field studies were carried out using the root chicory cultivar Tsezar. Winter wheat was the preceding crop. After harvesting the preceding crop, stubble disking was performed. Phosphorus and potassium fertilizers, in the treatments where they were included in the experimental design, were applied before the primary tillage. According to the fertilization scheme, in autumn a fertilizer mixture of triple superphosphate, containing 46%  $P_2O_5$ , was applied based on the basic rate of  $P_{25}$ , equivalent to 54.4 kg/ha of physical weight, and potassium salt, containing 60%  $K_2O$ , was applied based on the rate of  $K_{40}$ , equivalent to 66.6 kg/ha. In the remaining treatments, the application rates were increased proportionally according to the experimental design. Autumn ploughing was carried out to a depth of 25–27 cm. In spring, early spring harrowing was performed to conserve soil moisture. Nitrogen fertilizers were applied before sowing in the form of ammonium nitrate during pre-sowing cultivation, with incorporation into the 0–10 cm soil layer at a rate of 90 kg ha<sup>-1</sup> of physical weight. Sowing was carried out when the soil temperature reached +6...+8 °C. The seeding rate was 150 thousand viable seeds per hectare, and the row spacing was 40 cm. Before sowing, the seeds were treated with Maxim XL 035 FS at a rate of 3 L/t of seed.

The total plot area was 32.4 m<sup>2</sup> (12 × 2.7 m), and the accounting plot area was 21.6 m<sup>2</sup> (9.0 × 2.4 m). The experiment was conducted in three replications.

To determine root mass and root yield, 10 plants were sampled, cleaned of soil, and separated into roots, which were then weighed. Plant stand density was calculated within the segment where plants were sampled for yield determination. From the roots sampled at the stage of biological maturity, five roots were selected and homogenized. The combined sample was used to determine inulin content and calculate inulin yield.

Statistical processing of the results was performed in the R environment, version 4.4.3, using the *ggplot2* package. Analysis of variance was conducted using a multifactorial approach, where weather conditions were included as the second factor. Tabular results present only the effect of fertilizer rate. Treatment comparisons were performed using Tukey's HSD<sub>0.05</sub> post hoc test.

**Research results.** Under normal conditions of root chicory cultivation, plant stand density is relatively stable

and shows only slight variation; therefore, the main parameter affecting yield is root mass.

According to the results of analysis of variance (Table 2), weather conditions had a greater effect only on inulin content, whereas fertilizer rate had the strongest influence on root mass, yield, and inulin yield. The contribution to plant stand density was approximately similar for weather conditions and fertilizer rate, while their interaction was not significant.

Since the effects of the studied factors on inulin yield, root yield, and root mass were similar, the similarity groups among fertilizer rates were identical. The most effective treatment was the application of  $N_{120}P_{100}K_{160}$ , which made it possible to achieve a root mass of 249.8 g, a yield of 36.7 t/ha, and an inulin yield of 5.66 t/ha.

At the same time, adjacent fertilizer rates had different effects. With the application of  $N_{90}P_{75}K_{120}$ , root mass was 230.7 g, which was 19.1 g lower than in the best-performing treatment. At the  $N_{150}P_{125}K_{200}$  rate, the decrease in root mass was 67.1 g, indicating a substantial negative effect of the increased fertilizer rate. With the application of  $N_{180}P_{150}K_{240}$ , the decrease reached 163.6 g compared with the best-performing treatment and 64.9 g compared with the unfertilized control.

The effect of fertilization on plant stand density was significant; however, all fertilizer rates within the range from  $N_0P_0K_0$  to  $N_{120}P_{100}K_{160}$  belonged to the same group. When the fertilizer rate increased to  $N_{150}P_{125}K_{200}$  and  $N_{180}P_{150}K_{240}$ , plant stand density decreased to 140.36 and 136.73 thousand plants/ha, respectively.

Regarding inulin content, it gradually increased from 14.83% to 15.50% as the fertilizer rate increased up to and including  $N_{105}P_{125}K_{200}$ . The increase in inulin content is associated with the specific role of this compound as an osmoprotectant and a molecule that counteracts cell dehydration. However, the increase in inulin content had almost no effect on inulin yield per hectare. Therefore, the maximum value reached 5.66 t/ha, which was 2.32 t/ha higher than the value in the control treatment.

According to the results of the correlation analysis (Fig. 1), the relationships between most productivity components were positive. A very strong positive relationship ( $r > 0.9$ ) was observed between root yield, root mass, and inulin yield per hectare. At the same time, root yield showed a strong correlation with plant stand density ( $r = 0.66$ ), whereas its correlation with inulin content was

Table 1

## Scheme of application of fertilizers

| № | Rate                    | Physical weight, kg/ha |                       |                    |
|---|-------------------------|------------------------|-----------------------|--------------------|
|   |                         | Ammonium nitrate       | Triple superphosphate | Potassium chloride |
| 1 | $N_0P_0K_0$             | 0                      | 0                     | 0                  |
| 2 | $N_{30}P_{25}K_{40}$    | 90                     | 54,4                  | 66,6               |
| 3 | $N_{60}P_{50}K_{80}$    | 180                    | 108,8                 | 133,2              |
| 4 | $N_{90}P_{75}K_{120}$   | 270                    | 163,2                 | 199,8              |
| 5 | $N_{120}P_{100}K_{160}$ | 360                    | 217,6                 | 266,4              |
| 6 | $N_{150}P_{125}K_{200}$ | 450                    | 272                   | 333                |
| 7 | $N_{180}P_{150}K_{240}$ | 540                    | 326,4                 | 399,6              |

Table 2

## Analysis of variance of root chicory yield structure indicators

| Effect              | df | Mean squares    |                     |               |                |              |
|---------------------|----|-----------------|---------------------|---------------|----------------|--------------|
|                     |    | Root weight*    | Plant density       | Root yield    | Inulin content | Inulin yield |
| Year (A)            | 3  | <b>4496,69</b>  | <b>232,89</b>       | <b>159,28</b> | <b>16,19</b>   | <b>5,98</b>  |
| Fertilizer rate (B) | 6  | <b>34564,82</b> | <b>251,98</b>       | <b>814,39</b> | <b>1,08</b>    | <b>19,11</b> |
| AB                  | 18 | <b>1431,52</b>  | 26,77 <sup>ns</sup> | <b>33,21</b>  | <b>0,91</b>    | <b>0,72</b>  |
| Residuals           | 56 | 26,24           | 39,71               | 0,81          | 0              | 0,02         |

**Note.** Values shown in bold are significant at  $p < 0.05$ ; ns indicates a non-significant interaction. \*Root weight was determined on the 150th day of vegetation.

Table 3

## Yield structure components of root chicory

| Fertilizer rate         | Root weight, g | Plant density, thou. plants/ha | Root yield, t/ha | Inulin content, % | Inulin yield, t/ha |
|-------------------------|----------------|--------------------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| $N_0P_0K_0$             | 151.1 e        | 148.06 ab                      | 22.38 e          | 14.83 f           | 3.34 e             |
| $N_{30}P_{25}K_{40}$    | 181.4 d        | 146.34 ab                      | 26.58 d          | 14.90 e           | 3.98 d             |
| $N_{60}P_{50}K_{80}$    | 195.5 c        | 148.31 a                       | 29.03 c          | 14.75 g           | 4.30 c             |
| $N_{90}P_{75}K_{120}$   | 230.7 b        | 148.28 a                       | 34.3 b           | 15.05 d           | 5.16 b             |
| $N_{120}P_{100}K_{160}$ | 249.8 a        | 146.78 ab                      | 36.7 a           | 15.45 b           | 5.66 a             |
| $N_{150}P_{125}K_{200}$ | 182.7 d        | 140.36 bc                      | 25.65 d          | 15.5 a            | 3.97 d             |
| $N_{180}P_{150}K_{240}$ | 86.2 f         | 136.73 c                       | 11.73 f          | 15.23 c           | 1.78 f             |

**Note.** Values followed by the same letters within a column do not differ significantly according to Tukey's  $HSD_{0.05}$  test.

## Pearson correlation among final chicory indicators

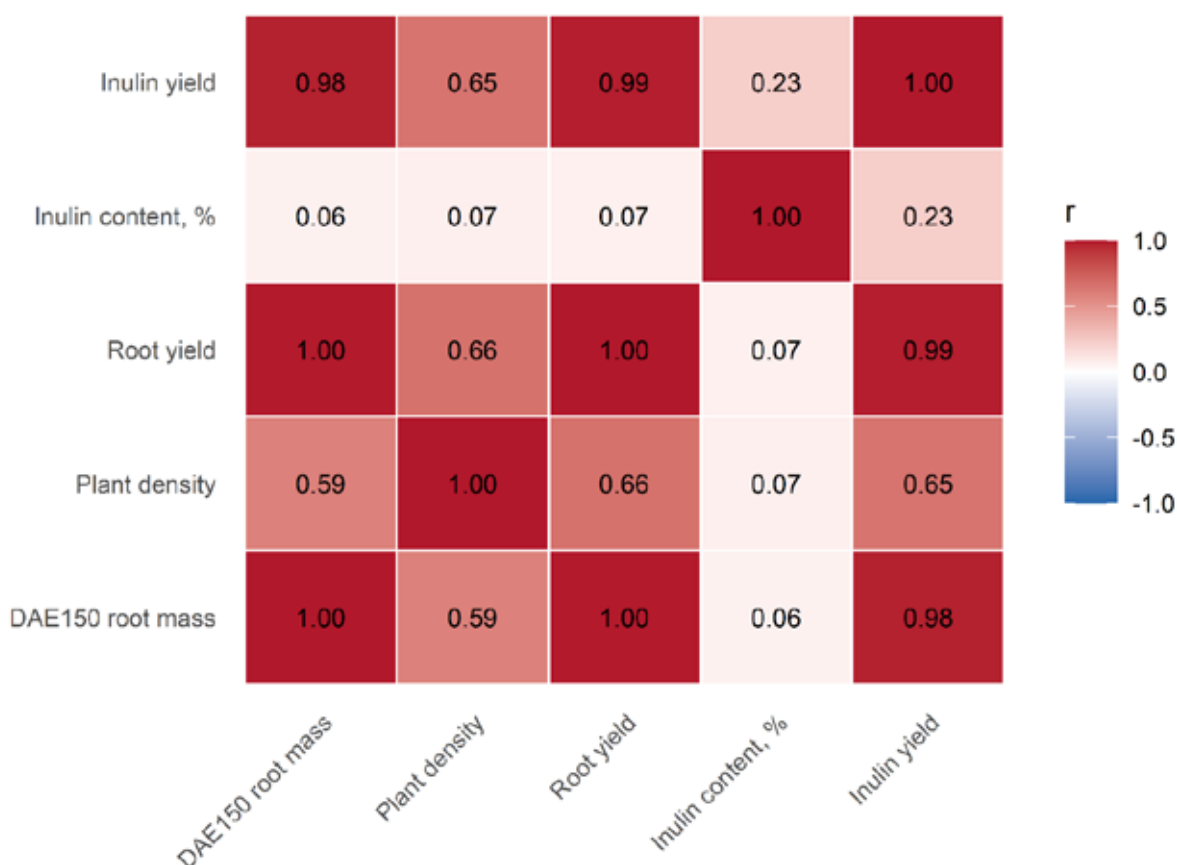


Figure 1. Correlation matrix of relationships among root chicory productivity components

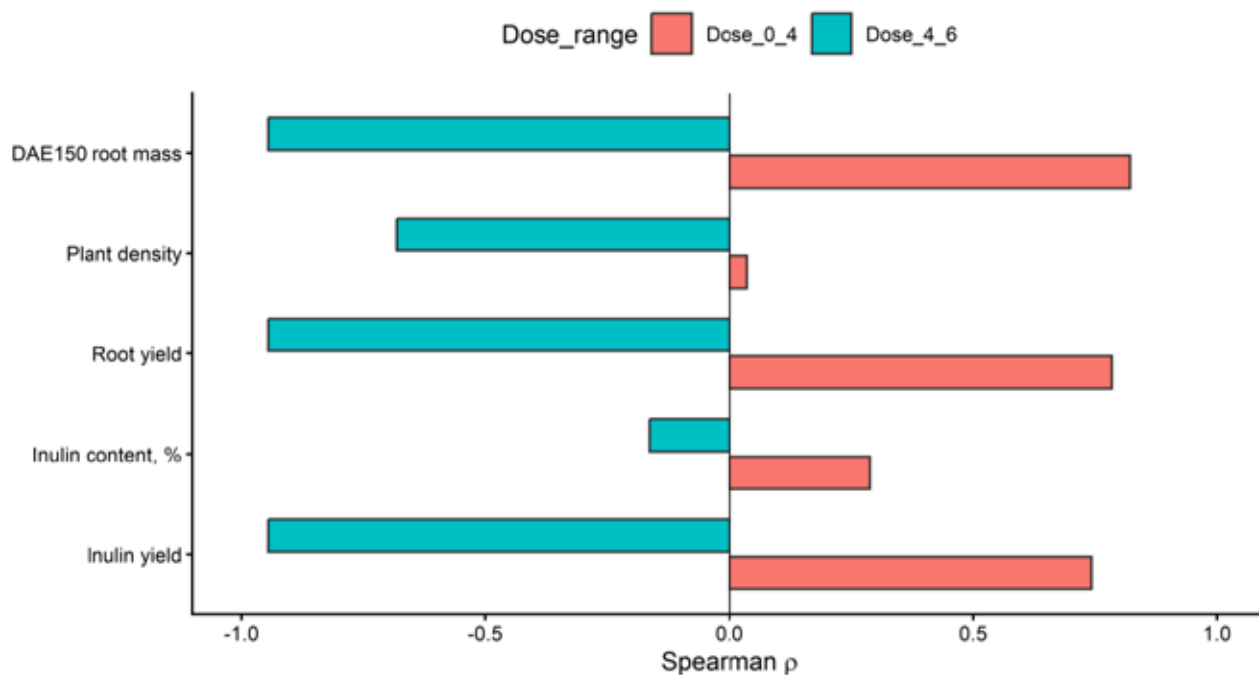


**Figure 2. Spearman's correlation coefficient for the relationship between fertilizer rate and root chicory productivity components. Fertilizer rates were transformed into ranks proportionally to the basic rate of  $N_{30}P_{20}K_{40}$ . The range  $N_{0}P_{0}K_{0}$ – $N_{120}P_{100}K_{160}$  is shown in red, while the range  $N_{120}P_{100}K_{160}$ – $N_{180}P_{150}K_{240}$  is shown in turquoise**

insignificant ( $r = 0.07$ ). A similar trend was observed for all pairs that included the "inulin content" indicator. Only in the case of inulin yield did the correlation coefficient reach 0.23, although it was not statistically significant.

At the same time, the calculation of Pearson's pairwise correlation coefficients is appropriate when the relationship between traits remains constant throughout the entire dataset. However, in the case of increasing fertilizer rates, a negative effect is observed beyond a certain threshold, which affects yield and other biometric parameters. Since polynomial models in this case are insufficiently accurate, a more effective tool is the ranking of results and the calculation of Spearman's correlation coefficients. A specific feature of such ranking in root chicory is the division of all treatments into two groups: from the control to  $N_{120}P_{100}K_{160}$ , according to the criterion of increasing yield, and from  $N_{120}P_{100}K_{160}$  to  $N_{180}P_{150}K_{240}$ , according to the criterion of decreasing yield (Fig. 2).

Therefore, according to the results of the analysis, it can be stated that a gradual increase in fertilizer rate up to  $N_{120}P_{100}K_{160}$  leads to an increase in root mass, yield, and inulin yield. However, exceeding this rate results in a substantially greater decrease in these parameters. It should be noted that the effect of fertilizer rates within the first category on plant stand density was statistically insignificant, while their effect on inulin content was weakly positive. At the same time, a further increase in fertilizer rate led to a significant decrease in plant stand density and a slight reduction in inulin content.

**Conclusions.** Based on the complex of economically valuable traits, the most effective treatment for obtaining

a high inulin yield in root chicory cultivation was the application of  $N_{120}P_{100}K_{160}$ , while this rate can be considered the threshold for maximizing yield. The correlation analysis indicated that root mass, root yield, and inulin yield had a very strong positive correlation, whereas the effect of mineral fertilizer rate was nonlinear.

A gradual increase in fertilizer rate up to and including  $N_{120}P_{100}K_{160}$  increased root yield from 22.38 to 36.70 t/ha in an almost linear manner. However, exceeding this rate caused a substantial decrease in yield due to reductions in both plant stand density and root mass. The increase in root inulin content with increasing fertilizer rate may indicate not only improved inulin synthesis but also a protective response, since inulin acts as an osmoprotectant and helps the plant counteract osmotic stress under high fertilizer rates.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Appiah-Nkansah N. B., Li J., Rooney W., Wang D. A review of sweet sorghum as a viable renewable bioenergy crop and its techno-economic analysis. *Renewable Energy*. 2019. Vol. 143. P. 1121–1132.
2. De Caroli M., Rampino P., Curci L. M., Pecatelli G., Carrozzo S., Piro G. CiXTH29 and CiLEA4 role in water stress tolerance in *Cichorium intybus* varieties. *Biology*. 2023. Vol. 12, № 3. Art. 444.
3. Delfine S., Fratianni A., D'Agostino A., Panfilì G. Influence of drought stress on physiological responses and bioactive compounds in chicory (*Cichorium intybus* L.). *Foods*. 2022. Vol. 11, № 22. Art. 3725.
4. Mohammadi H., Abdollahi-Bastam S., Aghaee A., Ghorbanpour M. Foliar-applied silicate potassium

- modulates growth, phytochemical, and physiological traits in *Cichorium intybus* L. under salinity stress. *BMC Plant Biology*. 2024. Vol. 24. Art. 288.
5. Umami N., Abdiyansah A., Agus A. Effects of different doses of NPK fertilization on growth and productivity of *Cichorium intybus*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 387. 012097.
  6. Kang J., Peng Y., Xu W. Crop root responses to drought stress: molecular mechanisms, nutrient regulations, and interactions with microorganisms. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022. Vol. 23, № 16. Art. 9310.
  7. Asghari M. T., Daneshian J., Farahani H. A. Studying of planting density influence on dry matter accumulation changes in chicory (*Cichorium intybus* L.) under irrigation deficit stress regimes. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*. 2009. Vol. 3, № 3. P. 371–374.
  8. Rasmussen C. R., Thorup-Kristensen K., Dresbøll D. B. The effect of drought and intercropping on chicory nutrient uptake from below 2 m. *Plant and Soil*. 2020. Vol. 446. P. 543–561.
  9. Lavrishcheva T., Osipova G., Lavtishchev A., Zhapparova A., Saljnikov E. Morphometric and biochemical properties of *Cichorium intybus* L. var. foliosum. *Agronomy Research*. 2020. Vol. 18, № 4. P. 2190–2201.
  10. Song Z. S., Wang M. Y., Li F. F., Long J. H., Luo Y., Yang X. Y., Xue T. Responses of soil biochemical properties and *Cichorium intybus* L. growth to microplastic pollution. *Frontiers in Plant Science*. 2025. Vol. 16. Art. 1678722.
  11. Дейкун В. А., Жук Д. Г., Мачок Ю. В. Огляд способів внесення та ефективності застосування мінеральних добрив. *Центральнотраїнський науковий вісник*. 2022. № 52. С. 41–47.
  12. Ткач О. В., Овчарук В. І., Овчарук О. В., Марцін Я. Є. Особливості ролі ґрунтової вологи в забезпеченні високої врожайності рослин цикорію коренеплідного. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2023. № 36. С. 14–20.
  13. Tkach O., Pantsyeva H., Ovcharuk O., Ovcharuk V., Padalko T., Tkach L., Amorcite O. (2024). Influence of feeding area on development, productivity and nutritional value of chicory. *Agronomy Research*. 2024. Vol. 22(1). P. 301–312.
- REFERENCES:**
1. Appiah-Nkansah, N.B., Li, J., Rooney, W., & Wang, D. (2019). A review of sweet sorghum as a viable renewable bioenergy crop and its techno-economic analysis. *Renewable Energy*, 143, 1121–1132. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.05.066>
  2. De Caroli, M., Rampino, P., Curci, L. M., Pecatelli, G., Carrozzo, S., & Piro, G. (2023). CiXTH29 and CiLEA4 role in water stress tolerance in *Cichorium intybus* varieties. *Biology*, 12(3), 444. <https://doi.org/10.3390/biology12030444>
  3. Delfine, S., Fratianni, A., D'Agostino, A., & Panfili, G. (2022). Influence of drought stress on physiological responses and bioactive compounds in chicory (*Cichorium intybus* L.): Opportunity for a sustainable agriculture. *Foods*, 11(22), 3725. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.05.066>
  4. Mohammadi, H., Abdollahi-Bastam, S., Aghaee, A., & Ghorbanpour, M. (2024). Foliar-applied silicate potassium modulates growth, phytochemical, and physiological traits in *Cichorium intybus* L. under salinity stress. *BMC Plant Biology*, 24(1), 288. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05015-6>
  5. Umami, N., Abdiyansah, A., & Agus, A. (2019). Effects of different doses of NPK fertilization on growth and productivity of *Cichorium intybus*. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 387, No. 1, p. 012097). IOP Publishing. DOI: 10.1088/1755-1315/387/1/012097
  6. Kang, J., Peng, Y., & Xu, W. (2022). Crop root responses to drought stress: molecular mechanisms, nutrient regulations, and interactions with microorganisms in the rhizosphere. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(16), 9310. <https://doi.org/10.3390/ijms23169310>
  7. Asghari, M. T., Daneshian, J., & Farahani, H. A. (2009). Studying of planting density influence on dry matter accumulation changes in chicory (*Cichorium intybus* L.) under irrigation deficit stress regimes. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 3(3), 371–374.
  8. Rasmussen, C.R., Thorup-Kristensen, K., & Dresbøll, D.B. (2020). The effect of drought and intercropping on chicory nutrient uptake from below 2 m studied in a multiple tracer setup. *Plant and Soil*, 446(1), 543–561. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04348-8>
  9. Lavrishcheva, T., Osipova, G., Lavtishchev, A., Zhapparova, A., & Saljnikov, E. (2022). Morphometric and biochemical properties of *Cichorium intybus* L. var. foliosum as affected by duration of growing period. *Zemljište i biljka*, 71(2), 27–44. <https://doi.org/10.5937/ZemBilj2202102L>
  10. Song, Z., Wang, M., Li, F., Long, J., Luo, Y., Yang, X., & Tian, X. (2025). Responses of soil biochemical properties and *Cichorium intybus* L. growth to polyethylene microplastic pollution. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1678722. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1678722>
  11. Deikun, V., Zhuk, D. & Machok, Y. (2022). Ohliad sposobiv vnesennia ta efektyvnosti zastosuvannia mineralnykh dobryv [Overview of Application Methods and Application Efficiency Mineral Fertilizers]. *Tsentrlnoukrainskyi naukovyi visnyk*, 52, 41–47. <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2022.52.41-47> [in Ukrainian].
  12. Tkach, O.V., Ovcharuk, V.I., Ovcharuk, O.V., Martsin Ya.Ye. (2023). Osoblyvosti roli gruntovoi volohy v zabezpechenni vysokoi vrozhaivosti rosllyn tsykoriuu koreneplidnoho. [Features of the soil moisture role in ensuring a high yield of root chicory plants]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*, (36), 14–20. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2022-12> [in Ukrainian]
  13. Tkach, O., Pantsyeva, H., Ovcharuk, O., Ovcharuk, V., Padalko, T., Tkach, L., & Amorcite, O. (2024). Influence of feeding area on development, productivity and nutritional value of chicory. *Agronomy Research*, 22(1), 301–312. <https://doi.org/10.15159/AR.24.001>

**Mazurenko B.O., Honchar L.M. Effect of fertilizer rate on the formation of root chicory yield and inulin yield**

Purpose, to determine the effect of different rates of mineral fertilization on root mass formation, yield, inulin content, and inulin harvest of root chicory, as well as to identify the optimal nutrient level that ensures high productivity without a negative effect on yield and inulin accumulation. Methods. Field studies were conducted in 2021–2024 on gray forest soils using the root chicory cultivar Tsezar. The experimental design included an unfertilized control and six NPK rates, ranging from  $N_{30}P_{25}K_{40}$  to  $N_{180}P_{150}K_{240}$ . Phosphorus and potassium fertilizers were applied before primary soil tillage, while nitrogen fertilizers were applied before sowing. At the stage of biological maturity, plant density, yield, inulin content, and inulin harvest per hectare were recorded. Statistical analysis was performed in R using multifactorial analysis of variance and Tukey's  $HSD_{0.05}$  test. Results. It was established that fertilizer rate was the leading factor determining root mass, yield, and inulin harvest, whereas weather conditions had a greater effect mainly on inulin content. A gradual increase in the level of mineral nutrition up to  $N_{120}P_{100}K_{160}$  promoted a stable increase in root mass during the growing season and provided the best combination of productivity and quality indicators. The highest root mass (249.8 g), yield (36.7 t/ha), and inulin harvest (5.66 t/ha) were obtained at this fertilization rate. The  $N_{90}P_{75}K_{120}$  treatment also ensured high productivity, with root mass reaching 230.7 g, yield 34.3 t/ha, and inulin harvest 5.16 t/ha; however, these values were lower than those recorded for the optimal treatment. A further increase in fertilizer rate to  $N_{150}P_{125}K_{200}$  led to a decline in these indicators, despite the highest inulin content of 15.5%. The most negative effect was observed at the maximum rate of  $N_{180}P_{150}K_{240}$ , where root mass decreased to 86.2 g, yield to 11.73 t/ha, and inulin harvest to 1.78 t/ha. This indicates that increasing the concentration of nutrients beyond the optimal level did not enhance productivity but, on the contrary, suppressed plant growth and reduced stand density. Correlation analysis confirmed a very strong positive relationship between root mass, yield, and inulin harvest, whereas the relationship between yield and inulin content was weak.

Findings. The optimal fertilization rate for root chicory grown on gray forest soils is  $N_{120}P_{100}K_{160}$ , which provides the maximum yield and inulin harvest. Exceeding this rate causes a decrease in productivity, which may be associated with excessive osmotic stress on plants.

**Key words:** inulin content, correlation, Spearman, root mass

**Мазуренко Б.О., Гончар Л.М. Вплив норми добрив на формування урожайності цикорію коренеплідного та збору інуліну**

Мета. Встановити вплив різних норм мінерального удобрення на формування маси коренеплідів, урожайності, вмісту та збору інуліну цикорію коренеплідного, а також визначити оптимальний рівень живлення, що забезпечує високу продуктивність без прояву негативного впливу на урожайність та збір інуліну. Методи. Польові дослідження проводили у 2021–2024 рр. на сірих лісових ґрунтах із сортом цикорію коренеплідного Цезар. Схема досліду включала контроль без удобрення та шість норм NPK: від  $N_{30}P_{25}K_{40}$  до  $N_{180}P_{150}K_{240}$ . Фосфорні й калійні добрива вносили під основний обробіток ґрунту, а азотні перед сівбою. У фазу біологічної стиглості обліковували густоту стояння, урожайність, вміст інуліну та його збір з 1 га. Статистичну обробку виконували у середовищі R із застосуванням багатофакторного дисперсійного аналізу та тесту Tukey  $HSD_{0.05}$ . Результати – Установлено, що норма удобрення була провідним чинником формування маси коренеплідів, урожайності та збору інуліну, тоді як погодні умови мали більший вплив переважно на вміст інуліну. Поступове підвищення рівня мінерального живлення до  $N_{120}P_{100}K_{160}$  сприяло стабільному наростанню маси коренеплідів упродовж вегетації та забезпечувало найкраще поєднання продуктивних і якісних показників. Найвищу масу коренеплоду (249,8 г), урожайність (36,7 т/га) та збір інуліну (5,66 т/га) отримано саме за цієї норми удобрення. Варіант  $N_{90}P_{75}K_{120}$  також забезпечував високі показники продуктивності, оскільки маса коренеплоду становила 230,7 г, урожайність – 34,3 т/га, а збір інуліну – 5,16 т/га, однак ці значення були нижчими порівняно з оптимальним варіантом. Подальше збільшення норми добрив до  $N_{150}P_{125}K_{200}$  призводило до зазначених показників, незважаючи на найвищий вміст інуліну – 15,5%. Найбільш негативний ефект відмічено за максимальної норми  $N_{180}P_{150}K_{240}$ , де маса коренеплоду знижувалася до 86,2 г, урожайність – до 11,73 т/га, а збір інуліну – до 1,78 т/га. Це свідчить, що збільшення концентрації елементів живлення понад оптимальний рівень не підвищувало продуктивність, а навпаки, пригнічувало ріст рослин і зменшувало густоту стояння. Кореляційний аналіз підтвердив дуже тісний позитивний зв'язок між масою коренеплоду, урожайністю та збором інуліну, тоді як зв'язок урожайності з вмістом інуліну був слабким. Висновки. Оптимальною нормою удобрення цикорію коренеплідного на сірих лісових ґрунтах є  $N_{120}P_{100}K_{160}$ , яка забезпечує максимальну урожайність і збір інуліну. Перевищення цієї норми спричиняє зниження продуктивності, що може бути пов'язано з надмірним осмотичним навантаженням на рослини.

**Ключові слова:** вміст інуліну, кореляція, Спірмен, маса коренеплоду

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026



## РЕАКЦІЯ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ НА ПОЛІКОМПОНЕНТНІ ПРЕПАРАТИ

МЕШКО Р.Г. – аспірант

[orcid.org/0009-0004-6309-7572](https://orcid.org/0009-0004-6309-7572)

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

ЯРЧУК І.І. – доктор сільськогосподарських наук, професор

[orcid.org/0000-0002-8107-0582](https://orcid.org/0000-0002-8107-0582)

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

**Постановка проблеми.** Пшениця озима є провідною зерновою культурою України, а підвищення та стабілізація її врожайності визначають рівень продовольчої безпеки та економічну ефективність зерновиробництва.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для північного Степу характерні значні коливання гідротермічних умов, що часто обмежує засвоєння елементів живлення та реалізацію потенціалу сортів. У таких умовах зростає роль інтегрованих технологічних рішень, що поєднують оптимальні фони мінерального живлення з препаратами регуляторної та антистресової дії. Полікомпонентні препарати можуть впливати на метаболізм рослин, підтримувати фотосинтетичний апарат, активізувати коренеутворення та сприяти стабілізації продуктивності, однак найбільш виражений ефект очікується за достатнього забезпечення N, P і K. Водночас сортові особливості (темпи росту, інтенсивність кущення, реакція на стреси) зумовлюють відмінності у відгуку на однакові технологічні схеми, що потребує порівняльної оцінки [1, 2, 5, 12].

**Мета.** Оцінити реакцію сортів пшениці озимої Мудрість Одеська та Каледон на полікомпонентні препарати за різних схем удобрення за показником урожайності зерна та обґрунтувати доцільність їх застосування в умовах північного Степу України. [2, 5, 10]

**Матеріали та методика досліджень.** Польові дослідження виконували в умовах північного Степу України у 2024–2025 рр. Об'єктом були сорти пшениці озимої Мудрість Одеська та Каледон. Схема досліду включала 10 варіантів удобрення та застосування полікомпонентних препаратів: контроль; основне внесення  $P_{10}$  або  $N_{45}P_{45}K_{45}$ ; підживлення  $N_{30}$  по мерзло-талому ґрунту; передпосівне застосування Вітастар; осіннє застосування Антистрес; весняне застосування Поліамід; інкрустація Дефенс; а також обробки лінійкою NewPlant iQ (NEO, Стимулін, UNI). Урожайність визначали шляхом зважування зерна з перерахунком на стандартну вологість 14 %. Дані подано за 2024 і 2025 рр. та як середнє за два роки [5, 11].

**Результати досліджень.** Урожайність зерна пшениці озимої за варіантами досліду наведено у (табл. 1).

За середніми показниками 2024–2025 рр. найбільшу урожайність сорту Мудрість Одеська забезпечили варіанти № 10 (3,93 т/га) та № 3 (3,90 т/га), тобто поєднання повного мінерального удобрення  $N_{45}P_{45}K_{45}$

із підживленням  $N_{30}$  (з додавання комплексу Вітастар + Антистрес + Поліамід). На фоні  $P_{10}$  +  $N_{30}$  урожайність становила 3,65 т/га (варіант № 2), а додавання полікомпонентних препаратів на цьому фоні підвищувало результат до 3,68 т/га (варіант № 9). Найнижчі значення у сорта Мудрість Одеська спостерігали у варіанті № 8 (1,83 т/га) та у схемі з Вітастар + Поліамід без мінерального фону (2,02 т/га, варіант № 5).

Сорт Каледон у середньому за два роки формував вищий рівень урожайності у найефективніших варіантах: максимум зафіксовано у варіанті № 10 (4,16 т/га), далі – варіант № 9 (3,98 т/га), варіант № 2 (3,88 т/га) і варіант № 3 (3,79 т/га). Варіант № 4 (Вітастар +  $N_{30}$ ) також забезпечував високий рівень продуктивності – 3,73 т/га. Найменший рівень урожайності Каледон мав на контролі (1,97 т/га) та у варіанті № 7 (1,99 т/га).

Порівняння років досліджень показало різку диференціацію урожайності: у 2024 р. врожайність у високо-ефективних варіантах досягала 5,38–5,92 т/га (Мудрість Одеська) та 5,79–6,21 т/га (Каледон), тоді як у 2025 р. у всіх варіантах спостерігалось зниження до 1,61–1,93 т/га і 1,43–2,10 т/га відповідно. Це вказує на більш стресові умови 2025 року та підтверджує потребу у технологіях, спрямованих на стабілізацію продуктивності.

Отримані результати підтверджують, що базовий внесок у формування урожайності забезпечує збалансоване мінеральне живлення, тоді як полікомпонентні препарати найефективніше використовувати як елемент інтегрованої технології. За повного мінерального фону додавання Вітастар + Антистрес + Поліамід забезпечувало найвищі значення урожайності, що може свідчити про синергію між забезпеченням елементами живлення та регуляцією фізіологічних процесів у стресові періоди. У варіантах №№ 5–8 (препарати без мінерального фону) ефект був незначним або нестійким, що пояснюється неможливістю компенсувати дефіцит NPK лише біоактивними компонентами, особливо за дефіциту вологи. Сортові відмінності проявлялися у кращій реакції Каледону на окремі комбінації з Вітастар +  $N_{30}$ , тоді як для сорту Мудрість Одеська найстабільнішими були варіанти з повним NPK.

**Висновки.**

1. Найвищу урожайність у середньому за 2024–2025 рр. забезпечив варіант із повним мінеральним удобренням  $N_{45}P_{45}K_{45}$  у поєднанні з Вітастар +



Таблиця 1

Урожайність зерна пшениці озимої за сортами та роками досліджень, т/га

| Варіант (В)                                                                                                                                                                   | 2024 р.                       |             | 2025 р.                       |             | Середнє  |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|----------|---------|
|                                                                                                                                                                               | Мудрість (А)                  | Каледон (А) | Мудрість (А)                  | Каледон (А) | Мудрість | Каледон |
| 1. Контроль (без добрив і препаратів)                                                                                                                                         | 2,49                          | 2,43        | 1,61                          | 1,5         | 2,05     | 1,97    |
| 2. P <sub>10</sub> (основне) + N <sub>30</sub> (по мерзло-талому ґрунту)                                                                                                      | 5,38                          | 5,79        | 1,92                          | 1,97        | 3,65     | 3,88    |
| 3. N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> (основне) + N <sub>30</sub> (по мерзло-талому ґрунту)                                                                      | 5,88                          | 5,86        | 1,92                          | 1,71        | 3,9      | 3,79    |
| 4. Вітастар (передпосівне) + N <sub>30</sub> (по мерзло-талому ґрунту)                                                                                                        | 4,03                          | 5,58        | 1,7                           | 1,87        | 2,87     | 3,73    |
| 5. Вітастар (передпосівне) + Поліамід (навесні)                                                                                                                               | 2,34                          | 2,63        | 1,69                          | 1,78        | 2,02     | 2,21    |
| 6. Вітастар (передпосівне) + Антистрес (восени) + Поліамід (навесні)                                                                                                          | 2,83                          | 2,5         | 1,74                          | 1,83        | 2,29     | 2,17    |
| 7. NEO (3–4 листка) + Стимулін (кущення) + UNI (трубкування)                                                                                                                  | 2,54                          | 2,55        | 1,71                          | 1,43        | 2,13     | 1,99    |
| 8. Дефенс (інкрустація) + Вітастар (передпосівне) + Антистрес (восени) + Поліамід (навесні)                                                                                   | 1,97                          | 2,67        | 1,69                          | 1,78        | 1,83     | 2,23    |
| 9. P <sub>10</sub> (основне) + Вітастар (передпосівне) + Антистрес (восени) + N <sub>30</sub> (по мерзло-талому ґрунту) + Поліамід (навесні)                                  | 5,42                          | 5,88        | 1,93                          | 2,07        | 3,68     | 3,98    |
| 10. N <sub>45</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> (основне) + Вітастар (передпосівне) + Антистрес (восени) + N <sub>30</sub> (по мерзло-талому ґрунту) + Поліамід (навесні) | 5,92                          | 6,21        | 1,93                          | 2,1         | 3,93     | 4,16    |
| HIP <sub>05</sub>                                                                                                                                                             | A – 0,05; B – 0,11; AB – 0,16 |             | A – 0,04; B – 0,10; AB – 0,14 |             | -        |         |

Антистрес + N<sub>30</sub> + Поліамід: 3,93 т/га у сорта Мудрість Одеська та 4,16 т/га у сорту Каледон.

2. Високі результати забезпечував також варіант N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> + N<sub>30</sub> без додаткових препаратів (3,90 і 3,79 т/га), що підкреслює визначальну роль збалансованого NPK.

3. На фоні P<sub>10</sub> + N<sub>30</sub> урожайність була високою (3,65 і 3,88 т/га), а додавання комплексу препаратів на цьому фоні (варіант № 9) підвищувало показники до 3,68 і 3,98 т/га.

4. Схеми з переважним застосуванням препаратів без достатнього мінерального фону (варіанти 5–8) не забезпечили істотної прибавки урожаю для сорту Мудрість Одеська, а в окремих варіантах спостерігалася зниження відносно контролю.

5. Полікомпонентні препарати доцільно застосовувати як елемент інтегрованої системи живлення та антистресового супроводу посівів, а не як заміну базового удобрення.

Перспективи подальших досліджень. Доцільно розширити оцінювання реакції сортів на полікомпонентні препарати за показниками якості зерна та ефективності використання елементів живлення за контрастних гідротермічних умов.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Вернера І. Є. Статистичний щорічник України за 2024 р. Statistical Yearbook of Ukraine. Київ: Держстат України, 2024. 268 с.

- Вінюков О. О., Бондарева О. Б., Чугрій Г. А. Особливості реалізації потенціалу продуктивності сортів пшениці озимої в агрокліматичних умовах Донецької області. Таврійський вісник. 2018. № 102. С. 9–14.
- Заєць С. О., Онуфран Л. І., Юзюк С. М. та ін. Вплив різних систем біологічного захисту рослин на врожайність та якість зерна пшениці озимої в органічному землеробстві. Аграрні інновації. 2024. № 23. С. 61–68. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.11>.
- Поспелова Г. Д., Коваленко Н. П., Поспелов С. В. та ін. Ефективність застосування біопрепаратів на пшениці озимій. Scientific Progress & Innovations. 2024. № 27(4). С. 37–42. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.04.07>.
- Сучасні технології вирощування пшениці озимої в зоні Степу / А. В. Черенков та ін. Дніпропетровськ: Інститут сільського господарства степової зони НААН України, 2014. 115 с.
- Хоміна В. Я., Шейко Д. В. Елементи біологізації як засіб поліпшення технологічних показників та якісного складу зерна пшениці озимої. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2023. № 2. С. 45–52. <https://doi.org/10.37406/2706905220232.5>.
- Шейко Д. В. Фотосинтетичний потенціал сортів пшениці озимої залежно від способів застосування біологічно активних препаратів в умовах Західного Лісостепу. Аграрні інновації. 2023. № 19. С. 96–102. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.19.18>.

8. Юрченко С. О., Палазюк Б. О. Вплив мікоризного препарату на формування урожайності зерна пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.). Тези доп. I Міжнар. наук.-практ. конф. Полтава: ПДАУ, 2025. С. 21–23.
9. Lozowicka B., Iwaniuk P., Konecki R. et al. Impact of diversified chemical and biostimulator protection on yield, health status, mycotoxin level, and economic profitability in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivation. *Agronomy*. 2022. Vol. 12(2). Article 258. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020258>.
10. Pathak D., Suman A., Dass A. et al. Enhancing wheat growth and nutrient content through integrated microbial and non-microbial biostimulants. *Physiologia Plantarum*. 2024. <https://doi.org/10.1111/ppl.14485>.
11. Sharma S., Kandel N., Chaudhary P., Rai P. A review on integrated nutrient management on wheat (*Triticum aestivum* L.). *Reviews in Food and Agriculture*. 2020. Vol. 1(1). P. 32–37.
12. Vyshnevskiy V. I. Climate Change in Ukraine and Its Consequences. *Journal of Landscape Ecology*. 2025. 18(4).

## REFERENCES:

1. Vernera, I.Ye. (2024). *Statystychnyi shchorichnyk Ukrainy za 2024 r.* [Statistical Yearbook of Ukraine 2024]. Kyiv: Derzhstat Ukrainy, 268 p. [in Ukrainian].
2. Viniukov, O.O., Bondareva, O.B., & Chuhrii, H.A. (2018). *Osoblyvosti realizatsii potentsialu produktyvnosti sortiv pshenytsi ozymoi v ahroklimatychnykh umovakh Donetskoï oblasti* [Peculiarities of realization of winter wheat cultivar productivity potential under agroclimatic conditions of Donetsk region]. *Tavriiskyi visnyk*, no. 102, pp. 9–14. [in Ukrainian].
3. Zaiets, S.O., Onufrii, L.I., Yuziuk, S.M., et al. (2024). *Vplyv riznykh system biolohichnoho zakhystu roslin na vrozhaïnist ta yakist zerna pshenytsi ozymoi v orhanichnomu zemlerobstvi* [Influence of different biological plant protection systems on yield and grain quality of winter wheat in organic farming]. *Ahrarni innovatsii*, no. 23, pp. 61–68. <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2024.23.11> [in Ukrainian].
4. Pospelova, H.D., Kovalenko, N.P., Pospelov, S.V., et al. (2024). *Efektivnist zastosuvannya biopreparativ na pshenytsi ozymii* [Efficiency of biopreparations application on winter wheat]. *Scientific Progress & Innovations*, vol. 27, no. 4, pp. 37–42. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.04.07> [in Ukrainian].
5. Cherenkov, A.V., et al. (2014). *Suchasni tekhnolohii vyroshchuvannya pshenytsi ozymoi v zoni Stepu* [Modern technologies of winter wheat cultivation in the Steppe zone]. Dnipropetrovsk: Instytut silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy, 115 p. [in Ukrainian].
6. Khomina, V.Ya., & Sheiko, D.V. (2023). *Elementy biolohizatsii yak zasib polipshennia tekhnolohichnykh pokaznykiv ta yakisnoho skladu zerna pshenytsi ozymoi* [Elements of biologization as a means of improving technological indicators and grain quality of winter wheat]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*, no. 2, pp. 45–52. <https://doi.org/10.37406/2706905220232.5> [in Ukrainian].
7. Sheiko, D.V. (2023). *Fotosyntetychnyi potentsial sortiv pshenytsi ozymoi zalezno vid sposobiv zastosuvannya biolohichno aktyvnykh preparativ v umovakh Zakhidnoho Lisostepu* [Photosynthetic potential of winter wheat cultivars depending on application methods of biologically active preparations under Western Forest-Steppe conditions]. *Ahrarni innovatsii*, no. 19, pp. 96–102. <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2023.19.18> [in Ukrainian].
8. Yurchenko, S.O., & Palaziuk, B.O. (2025). *Vplyv mikoryznoho preparatu na formuvannya vrozhaïnosti zerna pshenytsi miakoi ozymoi (Triticum aestivum L.)* [Influence of a mycorrhizal preparation on grain yield formation of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.)]. *Tezy dop. I Mizhnar. nauk.-prakt. konf.* [Abstracts of the 1st International Scientific and Practical Conference]. Poltava: PDAU, pp. 21–23. [in Ukrainian].
9. Lozowicka, B., Iwaniuk, P., Konecki, R., et al. (2022). Impact of diversified chemical and biostimulator protection on yield, health status, mycotoxin level, and economic profitability in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivation. *Agronomy*, vol. 12, no. 2, article 258. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020258>
10. Pathak, D., Suman, A., Dass, A., et al. (2024). Enhancing wheat growth and nutrient content through integrated microbial and non-microbial biostimulants. *Physiologia Plantarum*. <https://doi.org/10.1111/ppl.14485>
11. Sharma, S., Kandel, N., Chaudhary, P., & Rai, P. (2020). A review on integrated nutrient management on wheat (*Triticum aestivum* L.). *Reviews in Food and Agriculture*, vol. 1, no. 1, pp. 32–37.
12. Vyshnevskiy, V.I. (2025). Climate Change in Ukraine and Its Consequences. *Journal of Landscape Ecology*, vol. 18, no. 4.

### Мешко Р.Г. Реакція сортів пшениці озимої на полікомпонентні препарати

Мета. Оцінити ефективність використання комплексу полікомпонентних препаратів у поєднанні з різними фонами мінерального живлення та визначити відмінності продуктивної відповіді двох генотипів у посушливих умовах північного Степу України

Методи. Дослідження проведено у 2024–2025 рр. у польовому досліді з 10 варіантами технологічних схем, які включали контроль без удобрення, основне внесення  $P_{10}$  або  $N_{45}P_{45}K_{45}$ , підживлення  $N_{30}$  по мерзло-талому ґрунту, а також поєднання цих фонів із препаратами Вітастар, Антистрес, Поліамід, Дефенс і лінійкою NewPlant iQ (NEO, Стимулін, UNI). Урожайність визначали з перерахунком на стандартну вологість 14 %, дані узагальнювали за роками та як середнє за два роки; оцінювали істотність різниць за НІР05.

Результати. Середній рівень урожайності виявився найвищим на фоні повного мінерального удобрення  $N_{45}P_{45}K_{45}$  із підживленням  $N_{30}$  у комбінації з комплексом Вітастар + Антистрес + Поліамід: 3,93 т/га для генотипу Мудрість Одеська та 4,16 т/га для генотипу Каледон. Високі показники зафіксовано і для схеми  $N_{45}P_{45}K_{45} + N_{30}$  без додаткових препаратів (3,90 та 3,79 т/га відповідно). За мінімального фону  $P_{10} + N_{30}$  урожайність становила 3,65 і 3,88 т/га, а додавання комплексу препаратів на цьому фоні підвищувало результат до 3,68 і 3,98 т/га. Схеми, де застосовували переважно препарати без достатнього мінерального фону (варіанти 5–8), у середньому забезпечували незначні або нестійкі зміни і для Мудрості Одеської в окремих варіантах призводили до зниження відносно контролю. У 2025 р. спостерігали загальне зниження урожайності порівняно з 2024 р., що вказує на посилення стресових факторів і зумовлює потребу в технологіях стабілізації продуктивності.

Висновки. Ефективність полікомпонентних препаратів найбільшою мірою проявляється за наявності достатнього фону мінерального живлення; їх доцільно розглядати як елемент інтегрованої системи удобрення та антистресового супроводу, а не як заміну базових доз NPK.

**Ключові слова:** зернова продуктивність; мінеральне живлення; NPK; удобрення; стресостійкість; північний Степ; польовий дослід.

**Meshko R.H. Reaktsiia sortiv pshenytsi ozymoi na polikomponentni preparaty**

**Purpose.** To evaluate the efficiency of multicomponent preparations combined with different mineral nutrition backgrounds and to identify cultivar-specific yield responses under drought-prone Northern Steppe conditions.

**Methods.** A field experiment (2024–2025) included 10 technological treatments: control without fertilization, basic  $P_{10}$  or  $N_{45}P_{45}K_{45}$  application, spring top-dressing  $N_{30}$  on thawed soil, and their combinations with VitaStar, Antistress, Polyamide, Defense and the NewPlant iQ line (NEO, Stymulin, UNI). Grain yield was recalculated to 14 % moisture; data were analyzed by year and as a two-year mean; differences were assessed using LSD05.

**Results.** The highest mean yield was obtained under complete mineral fertilization  $N_{45}P_{45}K_{45} + N_{30}$  combined with VitaStar + Antistress + Polyamide: 3.93 t/ha for Mudrist Odeska and 4.16 t/ha for Kaledon. High yields were also recorded for  $N_{45}P_{45}K_{45} + N_{30}$  without additional preparations (3.90 and 3.79 t/ha). Under reduced fertilization  $P_{10} + N_{30}$ , yield reached 3.65 and 3.88 t/ha, while adding the preparation complex increased it to 3.68 and 3.98 t/ha. Treatments relying mainly on preparations without adequate mineral background (5–8) produced minor or unstable effects and, for Mudrist Odeska, some combinations decreased yield relative to the control. A pronounced yield reduction in 2025 compared with 2024 indicated stronger stress conditions. **Findings.** Multicomponent preparations are most effective within integrated nutrient management under adequate mineral background; they should complement, not replace, basic NPK fertilization. The results support the priority role of balanced mineral nutrition in realizing yield potential, whereas biostimulant/anti-stress components mainly improve stability and efficiency of the applied fertilization scheme during adverse hydrothermal periods.

**Key words:** grain yield; mineral nutrition; NPK; fertilization scheme; abiotic stress tolerance; Northern Steppe; field experiment.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## МІКРОЕЛЕМЕНТНИЙ СКЛАД СОЧЕВИЦІ ЗА РІЗНОГО УДОБРЕННЯ

**МУСИЄНКО Л.А.** – доктор філософії

*orcid.org/0000-0002-2982-9475*

Уманський національний університет

**ГОСПОДАРЕНКО Г.М.** – доктор сільськогосподарських наук, професор

*orcid.org/0000-0002-6495-2647*

Уманський національний університет

**РАССАДІНА І.Ю.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

*orcid.org/0000-0002-6680-6803*

Уманський національний університет

**СТАСІНЄВИЧ О.Ю.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

*orcid.org/0009-0006-6192-5295*

Уманський національний університет

**САДОВСЬКИЙ І.С.** – викладач

*orcid.org/0000-0003-3914-2834*

Уманський національний університет

**Постановка проблеми.** Сочевиця належить до цінних зернобобових культур з високим вмістом білка, макро- та мікроелементів, завдяки чому забезпечує продовольчу безпеку збалансованим харчуванням населення. У сучасних умовах інтенсифікації ведення сільськогосподарства особливої актуальності набуває не лише питання підвищення врожайності, а й її якості, зокрема і вмісту мікроелементів.

Мікроелементи є незамінними складовими, які впливають на фізіолого-біохімічні процеси у рослинах і поряд з макроелементами визначають харчову цінність зерна. Їх вміст значно залежить від системи удобрення, властивостей ґрунту та умов вирощування. Так, нераціональне застосування добрив може спричинити як дефіцит, так і надлишок окремих елементів, що негативно впливає на якісні показники отриманої продукції, а також на екологічний стан агроєкосистем.

Незважаючи на значну кількість досліджень мінерального живлення рослин, питання формування мікроелементного складу сочевиці залежно від систем удобрення залишається недостатньо вивченим, особливо в умовах ґрунтово-кліматичних зон України. Відсутність чітко обґрунтованих рекомендацій щодо оптимізації удобрення з урахуванням не лише продуктивності, а й якості насіння сочевиці обумовлює необхідність проведення подальших досліджень.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Важливе місце в системі удобрення зернобобових культур належить мікродобривам, зокрема тим, що містять молібден, кобальт, залізо, манган, цинк. Вони підвищують стійкість рослин до хвороб, посухи, екстремальних температур, посилюють азотфіксацію з повітря, поліпшують синтез хлорофілу, активізують процес фотосинтезу. Потреба бобових у мікродобривах зростає на тлі підвищених доз макродобрив [1, 3].

Мікроелементи життєво важливі для рослин і чинять пряму дію на організм. Їх специфічний біохімічний

вплив не можна замінити іншими речовинами. Без них рослина не може ні рости, ні завершити деякі метаболічні цикли. Нестача мікроелементів обов'язково має бути компенсована. Лише тоді можна отримати якісну продукцію, яка відповідає оптимальному вмісту для певного сорту чи гібриду цукрів, амінокислот, вітамінів [2, 9, 14].

Мікроелементи впливають на стійкість до несприятливих умов, а також на важливі фізіологічні процеси рослин: ріст, розвиток, розмноження та ін. Використовуючи мікроелементи як добрива, треба дотримуватись певного співвідношення між ними, а також враховувати, що їх вплив на рослини виявляється лише за умови повного забезпечення рослин макроелементами [7, 8, 15].

**Мета дослідження.** Встановити залежність мікроелементного складу насіння та соломи сочевиці залежно від удобрення на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України.

**Методика досліджень.** Дослідження проводили на дослідному полі Уманського національного університету садівництва, розміщеному в Середньобузькому окрузі Лісостепової Правобережної провінції України. Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем опідзолений важкосуглинковий на лесі. Згідно ДСТУ 4362:2004 у шарі 0–20 см він має підвищений вміст гумусу та рухомих сполук фосфору й калію, низький вміст азоту лужногідролізованих сполук і рухомих сполук сірки. Реакція ґрунтового розчину слабкокисла.

Схема досліду наведена в табл. 1. У досліді вирощували сорт сочевиці Антоніна після пшениці озимої. Повторність досліду триразова. Площа дослідної ділянки 36 м<sup>2</sup>, облікової – 25 м<sup>2</sup>. Технологія вирощування сочевиці, за виключенням складових, що вивчалися в досліді, відповідала рекомендаціям для Лісостепової зони України.

Фосфорні, калійні та молібденові добрива вносилися восени у вигляді суперфосфату гранульованого,



калію хлористого та молібдату амонію; азотні навесні, під передпосівну культивуацію у вигляді аміачної селітри і сульфат амонію. Інокуляцію насіння бульбочковими бактеріями проводили за дві години до сівби.

Вміст мікроелементів визначався методом атомно-абсорбційної спектроскопії (ГОСТ 30178–96).

**Результати досліджень.** Надходження елементів–біофілів в організми людини і тварин залежить від вмісту їх у ґрунті та ефективності функціонування біологічних бар'єрів. Корені рослин є основним накопичувачем важких металів, який затримує їх проникнення в стебло. Стебло містить менше важких металів і обмежує їх надходження в зерно [6]. Тому вміст хімічних елементів в органах рослин дозволяє встановити надлишок або їх нестачу в живленні рослин [2]. На основі такої інформації можна проводити біохімічне районування території і прогнозувати природно-осередкове й можливі ендемічні захворювання тварин і людини [6].

Між вмістом хімічних елементів у рослинах і ґрунті (особливо їх рухомих форм) існує додатний кореляційний зв'язок, тобто рослини реагують на геохімічне середовище [11]. У свою чергу рослинний організм характеризується стабільністю та впорядкованістю, що важливою спадковою ознакою [12].

З погляду оптимізації мінерального живлення рослин, важливе метаболічне значення має відношення між елементами живлення. Проте трактування таких відношень ускладнене, тому що нестача одного з них викликає надлишок іншого і навпаки. Зазвичай важко визначити чи один з елементів у надлишку, чи іншого нестача. Тому необхідно аналізувати їх вміст у рослині [1, 13, 14].

Насіння бобових культур може містити мікроелементи у досить широких межах. Найбільше воно містить заліза, мангану, цинку [1, 10]. Встановлено, що за вмістом у насінні сочевиці мікроелементи можна розмістити у такій послідовності:  $Zn > Fe > Mn > Cu > B > Mo > Co$  (табл. 1), тоді як у соломі –  $Fe > Mn > Zn > Cu > B > Co > Mo$  (табл. 2).

З даних табл. 1 і 2 видно, що зміни вмісту мікроелементів під впливом удобрення більше проходять у соломі, ніж у зерні. Це пояснюється тим, що стебла і листки після кореневої системи є біологічним бар'єром, який запобігає надлишковому надходженню мікроелементів у насіння [6]. Крім того, хімічний склад насіння контролюється генетично [12].

За низької доступності елементів живлення з ґрунту запаси їх у насінні мають велике значення для росту й розвитку рослин [1, 5]. Так, наприклад вміст молібдену в насінні, а не у вегетативних органах, є більш інформативним показником. Вважається [5], що висока ефективність молібденових добрив забезпечується за вмісту молібдену в насінні сої менше за 2,5 мг/кг сухої речовини, а за показника більше за 5 мг/кг немає необхідності застосовувати його для удобрення.

Необхідно зазначити, що в соломі сочевиці порівняно з насінням міститься більше заліза, мангану, міді, бору та кобальту.

З даних табл. 1 видно, що з поліпшенням азотного живлення рослин завдяки внесенню азотних добрив і проведенню інокуляції бульбочковими бактеріями у насінні більше накопичується мангану, цинку й молібдену тоді, як з поліпшенням фосфорного живлення – знижується вміст заліза міді й цинку. Підвищення рівня

Таблиця 1

**Вміст мікроелементів у насінні сочевиці залежно від інокуляції та особливостей удобрення (2024–2025 рр.), мг/кг сухої речовини**

| Варіант досліджу           | Мікроелемент        |                     |                     |                      |                     |                     |                       |
|----------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
|                            | Fe                  | Mn                  | Zn                  | Cu                   | B                   | Mo                  | Co                    |
| Без добрив (контроль)      | <u>45.3</u><br>42,1 | <u>11.8</u><br>11,2 | <u>40.1</u><br>39,2 | <u>10.35</u><br>9,54 | <u>5.12</u><br>4,77 | <u>0.16</u><br>0,14 | <u>0.003</u><br>0,003 |
| $P_{30} K_{40}$ – фон      | <u>45.5</u><br>43,3 | <u>11.9</u><br>11,1 | <u>41.3</u><br>40,1 | <u>10.24</u><br>9,31 | <u>5.11</u><br>4,92 | <u>0.15</u><br>0,14 | <u>0.003</u><br>0,003 |
| $K_{40} + N_{60}$          | <u>45.5</u><br>41,2 | <u>12.3</u><br>11,4 | <u>45.3</u><br>43,3 | <u>10.22</u><br>9,10 | <u>5.20</u><br>5,16 | <u>0.21</u><br>0,20 | <u>HMB</u>            |
| $P_{30} + N_{60}$          | <u>42.1</u><br>40,3 | <u>13.3</u><br>12,4 | <u>45.3</u><br>41,2 | <u>9.64</u><br>9,03  | <u>5.36</u><br>5,13 | <u>0.31</u><br>0,27 | <u>HMB</u>            |
| Фон + $N_{30}$             | <u>45.2</u><br>43,4 | <u>12.4</u><br>11,7 | <u>44.2</u><br>40,7 | <u>9.42</u><br>9,34  | <u>5.25</u><br>4,93 | <u>0.22</u><br>0,20 | <u>0.004</u><br>0,003 |
| Фон + $N_{30} S_{34}$      | <u>45.7</u><br>40,5 | <u>12.1</u><br>11,5 | <u>45.4</u><br>42,1 | <u>9.93</u><br>9,23  | <u>5.18</u><br>4,78 | <u>0.23</u><br>0,22 | <u>0.006</u><br>0,005 |
| Фон + $N_{60}$             | <u>42.0</u><br>40,7 | <u>12.1</u><br>11,5 | <u>45.3</u><br>42,5 | <u>8.80</u><br>8,76  | <u>5.33</u><br>4,95 | <u>0.21</u><br>0,19 | <u>0.005</u><br>0,004 |
| Фон + $N_{30} + Mo$        | <u>45.2</u><br>43,1 | <u>12.3</u><br>11,2 | <u>42.9</u><br>40,3 | <u>9.92</u><br>9,64  | <u>5.28</u><br>5,07 | <u>4.18</u><br>3,90 | <u>0.016</u><br>0,015 |
| Фон + $N_{30} S_{34} + Mo$ | <u>43.7</u><br>40,9 | <u>12.5</u><br>11,2 | <u>45.1</u><br>42,6 | <u>9.73</u><br>9,44  | <u>5.26</u><br>4,95 | <u>4.19</u><br>3,88 | <u>0.016</u><br>0,014 |
| Фон + $N_{60} + Mo$        | <u>42.1</u><br>40,6 | <u>12.0</u><br>11,2 | <u>46.2</u><br>42,3 | <u>9.88</u><br>9,60  | <u>5.29</u><br>4,95 | <u>4.25</u><br>4,00 | <u>0.017</u><br>0,015 |

Примітка 1. Над рискою – без інокуляції насіння, під рискою – з інокуляцією; 2. HMB – нижче межі визначення.

Таблиця 2.

**Вміст мікроелементів у соломі сочевиці залежно від інокуляції та особливостей удобрення (2024–2024 рр.), мг/кг сухої речовини**

| Варіант досліджу                           | Мікроелемент          |                     |                     |                     |                     |                     |                       |
|--------------------------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
|                                            | Fe                    | Mn                  | Zn                  | Cu                  | B                   | Mo                  | Co                    |
| Без добрив (контроль)                      | <u>144,5</u><br>142,0 | <u>30,1</u><br>29,2 | <u>23,2</u><br>23,0 | <u>18,8</u><br>18,3 | <u>17,5</u><br>16,8 | HMB                 | <u>0,056</u><br>0,048 |
| P <sub>30</sub> K <sub>40</sub> – фон      | <u>92,9</u><br>91,2   | <u>28,2</u><br>26,3 | <u>20,3</u><br>20,1 | <u>18,4</u><br>18,1 | <u>17,3</u><br>16,8 | HMB                 | <u>0,049</u><br>0,042 |
| K <sub>40</sub> + N <sub>60</sub>          | <u>134,8</u><br>135,0 | <u>19,3</u><br>19,5 | <u>23,7</u><br>23,1 | <u>16,2</u><br>16,0 | <u>15,4</u><br>15,1 | HMB                 | <u>0,035</u><br>0,030 |
| P <sub>30</sub> + N <sub>60</sub>          | <u>111,9</u><br>106,4 | <u>34,2</u><br>32,5 | <u>23,3</u><br>23,0 | <u>14,2</u><br>13,7 | <u>14,3</u><br>14,0 | HMB                 | <u>0,019</u><br>0,018 |
| Фон + N <sub>30</sub>                      | <u>127,2</u><br>127,3 | <u>32,3</u><br>31,5 | <u>23,1</u><br>22,6 | <u>13,3</u><br>13,0 | <u>15,3</u><br>15,1 | HMB                 | <u>0,036</u><br>0,031 |
| Фон + N <sub>30</sub> S <sub>34</sub>      | <u>126,2</u><br>125,1 | <u>31,2</u><br>31,1 | <u>23,1</u><br>22,5 | <u>13,0</u><br>12,8 | <u>15,0</u><br>14,8 | HMB                 | <u>0,035</u><br>0,028 |
| Фон + N <sub>60</sub>                      | <u>122,8</u><br>121,9 | <u>31,3</u><br>31,0 | <u>23,0</u><br>22,8 | <u>13,1</u><br>13,0 | <u>20,1</u><br>19,9 | HMB                 | <u>0,016</u><br>0,014 |
| Фон + N <sub>30</sub> + Mo                 | <u>125,7</u><br>124,1 | <u>32,5</u><br>31,6 | <u>22,5</u><br>22,1 | <u>13,1</u><br>12,9 | <u>17,5</u><br>17,3 | <u>1,99</u><br>1,94 | <u>0,033</u><br>0,027 |
| Фон + N <sub>30</sub> S <sub>34</sub> + Mo | <u>125,1</u><br>124,2 | <u>32,3</u><br>31,2 | <u>23,2</u><br>22,5 | <u>13,3</u><br>13,0 | <u>18,4</u><br>18,0 | <u>1,97</u><br>1,88 | <u>0,028</u><br>0,025 |
| Фон + N <sub>60</sub> + Mo                 | <u>117,9</u><br>116,1 | <u>32,8</u><br>31,3 | <u>23,7</u><br>23,2 | <u>13,2</u><br>12,6 | <u>19,4</u><br>19,4 | <u>1,87</u><br>1,71 | <u>0,013</u><br>0,011 |

Примітка 1. Над рискою – без інокуляції насіння, під рискою – з інокуляцією; 2. HMB – нижче меж визначення.

калійного живлення зменшує вміст у насінні й соломі сочевиці заліза, мангану, бору та молібдену.

Дослідженнями встановлено, що вміст заліза в насінні сочевиці був 40,3–45,7 мг/кг сухої речовини залежно від варіанту досліджу. Зміни були незначні, що можна пояснити генетичними законами стабільності рослинного організму та біологічним розбавлення у зв'язку з підвищенням урожайності біомаси. Такий вміст мікроелементів знаходиться в межах нормального вмісту в насінні зернобобових культур (29–100 мг/кг) [6] і фонового вмісту в зерні та зернофуражі (40–80 мг/кг) [4]. Цей вміст заліза також нижчий ГДК (50 мг/кг) для зерна [12]. Слід також зазначити, що рослини сочевиці в досліді не відчували у живленні нестачі заліза, яка на чорноземах проявляється за вмісту менше за 30 мг/кг сухої речовини [6].

Вміст мангану в насінні бобових культур може бути 10–65 мг/кг сухої речовини [6], а його нестача проявляється за вмісту 2–22 мг/кг, у ґрунтах Молдови – менше за 12 мг/кг. У проведеному досліді насіння сочевиці містило 11,1–13,3 мг/кг мангану, тому рослини можуть реагувати на застосування манганових добрив.

Фоновий вміст цинку в зерні та зернофуражі 5–25 мг/кг сухої речовини [7, 15], а нормальний вміст у насінні бобових знаходиться в межах 10–60 мг/кг [6]. У проведеному досліді вміст цинку в насінні сочевиці був 39,2–46,2 мг/кг сухої речовини і знижувався з підвищенням його врожайності, що можна пояснити біологічним розбавленням [3]. За узагальненими даними це більше порогової концентрації нестачі у бобових культур (15–25 мг/кг) [6] і ГДК для хлібопродуктів і зерна (25 мг/кг) [12]. За даними В. П. Кирилюка [6]

на чорноземах Молдови можливе проявлення нестачі в живленні бобових рослин цинку за його вмісту в насінні менше за 10 мг/кг сухої речовини. Отже, на чорноземі опідзоленому сочевиця достатньо забезпечена цинком.

Вміст міді в насінні сочевиці в досліді був у межах 8,76–10,35 мг/кг сухої речовини, що є оптимальним (1–15 мг/кг) для зернобобових культур [6] і менше ГДК (15 мг/кг) для хлібопродуктів і зерна [12].

Насіння сочевиці в досліді містило 4,77–5,36 мг/кг сухої речовини бору, що за узагальненими даними В. П. Кирилюка (2006) менше порогової концентрації його нестачі для бобових культур – 6 мг/кг. Вважається [6], що нормальний вміст бору в насінні бобових культур 10–20 мг/кг сухої речовини.

Вміст молібдену в насінні сочевиці з ділянок без добрив був 0,14–0,16 мг/кг сухої речовини. Застосування азотних і фосфорних добрив підвищувало його вміст до 0,31 мг/кг залежно від варіанту досліджу. З покращенням мінерального живлення сочевиці вміст молібдену в насінні знижується, що пояснюється біологічним розбавленням. За узагальненими даними [6] на чорноземах Молдови у бобових культур можливе проявлення нестачі молібдену за його вмісту менше за 0,3 мг/кг сухої речовини.

Застосування молібдату амонію сприяло підвищенню його вмісту в насінні сочевиці до 3,88–4,25 мг/кг сухої речовини залежно від варіанту досліджу, що є оптимальним (0,1–5 мг/кг) для бобових культур [6].

У варіантах досліджу без застосування молібдату амонію вміст молібдену в соломі сочевиці був нижче меж визначення. Це свідчить про те, що вона використала весь наявний у рослинному організмі молібден

для накопичення в насінні і свідчить про дефіцит цього мікроелементу в живленні рослин.

За узагальненими даними [6] нормальний вміст кобальту в насінні бобових культур 0,1–0,4 мг/кг сухої речовини. У проведеному досліді вміст кобальту в насінні сочевиці був досить низьким – від найменшої межі визначення приладом до 0,017 мг/кг. Це вказує на можливу високу ефективність застосування кобальто-вих добрив під сочевицю на чорноземі опідзоленому.

**Висновки.** Мікроелементний склад сочевиці залежить від системи удобрення та інокуляції насіння, при цьому зміни вмісту елементів більш виражені у соломі, ніж у насінні, що зумовлено біологічними бар'єрами та генетичним контролем складу зерна.

Визначено закономірності розподілу мікроелементів: у насінні вони зменшуються в ряду  $Zn > Fe > Mn > Cu > B > Mo > Co$ , тоді як у соломі переважають  $Fe$  і  $Mn$ .

Застосування азотних добрив та інокуляції сприяє підвищенню вмісту  $Mn$ ,  $Zn$  і  $Mo$  у насінні, тоді як посилення фосфорного і калійного живлення знижує концентрацію окремих мікроелементів. Виявлено дефіцит  $B$ ,  $Mo$  (без внесення молібденових добрив) і  $Co$ , що обґрунтовує доцільність оптимізації мікроелементного живлення сочевиці. Застосування молібдату амонію є ефективним прийомом підвищення вмісту молібдену в насінні до оптимального рівня та усунення його дефіциту.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Господаренко Г.М. Агрохімія. Київ: ТОВ «ТРОПЕА», 2026. 572 с.
2. Господаренко Г.М. Агрохімія мікроелементів. Київ : ТОВ «ТРОПЕА», 2026. 416 с.
3. Господаренко Г. М. Мікроелементи для рослин. *Biolife*. 2016. № 1. С. 16–19.
4. Господаренко Г., Карнаух О., Alexander A. Мікроелементи і добрива в живленні рослин. За заг ред. Г. Господаренка. Кам'янець-Подільський : ТОВ Друкарня «Рута», 2020. 348 с.
5. Гребеннікова Л. Ю., Забара Ю. М. Спеціальні добрива. Київ: ООО «Аграр Медієн Україна», 2016. 250 с.
6. Кирилук В. П. Мікроелементи в компонентах біосфери Молдови. Кишинів: Pontos, 2006. 155 с.
7. Корсун С. Г., Клименко І. І. Екотоксикологічний статус систем удобрення культур зерно-просапної сівозміни. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2018. 212 с.
8. Коць С. Я., Петерсон Н. В. Мінеральні елементи і добрива в живленні рослин. Київ: Логос, 2005. 150 с.
9. Недільська У. І. Вплив мікроелементів на життєдіяльність рослин. Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика: матеріали II Міжнародної наукової інтернет-конференції (м. Тернопіль, 20 листопада 2020 р.). Тернопіль, 2020. С. 124–126.
10. Сауляк О. М. Процеси росту і розвитку сочевиці харчової залежно від норм висіву та удобрення в умовах Лісостепу Правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2016. № 3. С. 44–48.
11. Dhaliwal S. S., Sharma V., Shukla A. K. (2022). Impact of micronutrients in mitigation of abiotic stresses in soils and plants- A progressive step towards crop security and nutritional quality. *Adv. Agron.* 173, 1-78.
12. Dueck T.A. et al. Heavy metal immission and genetic constitution of plant populations in the vicinity of two metal emission sources. *Angew. Bot.*, 1984. V.58. N 1. P. 47–53.
13. Klikocka H. Influence of NPK fertilization enriched with S, Mg, and micronutrients contained in liquid fertilizer Insol 7 on potato tubers yield [*Solanum tuberosum* L.] and infestation of tubers with *Streptomyces scabies* and *Rhizoctonia solani*. *Journal of Elementology*. 2016. Vol. 14, № 2. P. 271–288.
14. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd edition. Edited by P. Marschner. Amsterdam, Netherlands : Elsevier/Academic Press (2012), pp. 684 p.
15. M. Shahid, A. K. Shukla, P. Bhattacharyya et al. Micronutrients (Fe, Mn, Zn and Cu) balance under long-term application of fertilizer and manure in a tropical rice-rice system. *Journal of Soils and Sediments*. 2016. Vol. 16. No. 3. P. 737-747.

#### REFERENCES:

1. Hospodarenko H. M. (2026). Ahrokhimiia. [Agrochemistry]. Kyiv: TOV «TROPEA». 572 p. [in Ukrainian].
2. Hospodarenko H. M. (2026). Ahrokhimiia mikroelementiv. [Agrochemistry of trace elements]. Kyiv : TOV «TROPEA». 416 p. [in Ukrainian].
3. Hospodarenko H. M. (2016). Mikroelementy dlia roslyn. [Microelements for plants]. *Biolife*. № 1. P. 16–19. [in Ukrainian].
4. Hospodarenko H., Karnaukh O., Alexander A. (2020). Mikroelementy i dobryva v zhyvlenni roslyn. [Trace elements and fertilizers in plant nutrition]. Za zah red. H. Hospodarenka. Kamianets-Podilskyi : TOV Drukarnia «Ruta». 348 p. [in Ukrainian].
5. Hrebennikova L. Yu., Zabara Yu. M. (2016). Spetsialni dobryva. [Special fertilizers]. Kyiv: ООО «Ahrar Mediiien Ukraina». 250 p. [in Ukrainian].
6. Kyrliuk V. P. (2006). Mikroelementy v komponentakakh biosfery Moldovy. [Trace elements in the components of the biosphere of Moldova]. Kyshyniv: Pontos. 155 p. [in Ukrainian].
7. Korsun S. H., Klymenko I. I. (2018). Ekotoksikologichnyi status system udobrennia kultur zerno-prosapnoi sivozminy. [Ecotoxicological status of fertilization systems in grain-row crop rotation]. Vinnytsia: TOV «TVORY». 212 p. [in Ukrainian].
8. Kots S. Ya., Peterson N. V. (2005). Mineralni elementy i dobryva v zhyvlenni roslyn. [Mineral elements and fertilizers in plant nutrition]. Kyiv: Lohos. 150 p. [in Ukrainian].
9. Nedil'ska U. I. (2020). Vplyv mikroelementiv na zhyttiedialnist roslyn. [The effect of micronutrients on plant vital activity]. Suchasnyi stan nauky v silskomu hospodarstvi ta pryrodokorystuvanni: teoriia i praktyka: materialy II Mizhnarodnoi naukovoï internet-konferentsii (m. Ternopil, 20 lystopada 2020 r.). Ternopil. P. 124–126. [in Ukrainian].
10. Sauliak O. M. (2016). Protsesy rostu i rozvytku sochevytsi kharchovoi zalezno vid norm vysivu ta udobrennia v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho. [Growth and development processes of food lentil depending on seeding rates and fertilization under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo*. № 3. P. 44–48. [in Ukrainian].



11. Dhaliwal S. S., Sharma V., Shukla A. K. (2022). Impact of micronutrients in mitigation of abiotic stresses in soils and plants- A progressive step towards crop security and nutritional quality. *Adv. Agron.* 173, 1-78.

12. Dueck T.A. et al. (1984). Heavy metal immission and genetic constitution of plant populations in the vicinity of two metal emission sources. *Angew. Bot.* V.58. N 1. P. 47–53.

13. Klikocka H. (2016). Influence of NPK fertilization enriched with S, Mg, and micronutrients contained in liquid fertilizer Insol 7 on potato tubers yield [*Solanum tuberosum* L.] and infestation of tubers with *Streptomyces scabies* and *Rhizoctonia solani*. *Journal of Elementology*. Vol. 14, № 2. P. 271–288.

14. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd edition. Edited by P. Marschner. Amsterdam, Netherlands : Elsevier/Academic Press (2012), pp. 684 p.

15. M. Shahid, A. K. Shukla, P. Bhattacharyya et al. (2016). Micronutrients (Fe, Mn, Zn and Cu) balance under long-term application of fertilizer and manure in a tropical rice-rice system *Journal of Soils and Sediments*. Vol. 16. No. 3. P. 737-747.

**Мусієнко Л.А., Господаренко Г.М., Рассадина І.Ю., Стасієвич О.Ю., Садовський І.С. Мікроелементний склад сочевиці за різного удобрення**

У статті наведено дані про накопичення мікроелементів у насінні й соломі сочевиці залежно від удобрення на чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу України.

Встановлено, що солома сочевиці порівняно з насінням міститься більше заліза, мангану, міді, бору та кобальту.

За поліпшеного азотного живлення рослин і проведенню інокуляції бульбочковими бактеріями у насінні сочевиці більше накопичується мангану, цинку й молибдену, тоді як з поліпшенням фосфорного живлення – знижується вміст заліза, міді й цинку. Підвищення рівня калійного живлення зменшує вміст у рослинах сочевиці заліза, мангану, бору та молибдену.

Вміст заліза в насінні сочевиці був 40,3–45,7 мг/кг сухої речовини залежно від варіанту досліду. Зміни були незначні, що можна пояснити генетичними законами стабільності рослинного організму та біологічним розбавлення у зв'язку з підвищенням урожайності біомаси.

У проведеному досліді насіння сочевиці містило мало (11,1–13,3 мг/кг) мангану, тому рослини можуть реагувати на додаткове внесення манганових добрив.

За даними досліджень вміст цинку в насінні сочевиці був 39,2–46,2 мг/кг сухої речовини, що є досить високим показником для бобових. З підвищенням його врожайності він знижувався, що можна пояснити біологічним розбавлення.

Вміст міді в насінні сочевиці був у межах 8,76–10,35 мг/кг сухої речовини, що є оптимальним (1–15 мг/кг) для зернобобових культур.

Вміст молибдену в насінні сочевиці з ділянок без добрив був 0,14–0,16 мг/кг сухої речовини. Застосування азотних і фосфорних добрив підвищувало його до 0,31 мг/кг залежно від варіанту досліду. Застосування

молибдату амонію сприяло підвищенню його вмісту в насінні сочевиці до 3,88–4,25 мг/кг сухої речовини залежно від варіанту досліду.

У проведеному досліді вміст кобальту в насіння сочевиці був досить низьким – від найменшої межі визначення приладом до 0,017 мг/кг. Це вказує на можливу високу ефективність застосування кобальтових добрив під сочевицю.

**Ключові слова:** манган, цинк, молибден, бор, мідь, кобальт, залізо, насіння, солома, добрива, чорнозем опідзолений.

**Musiienko L.A., Hospodarenko H.M., Rassadina I.Yu., Stasinievych O.Yu., Sadovskiy I.S. Micronutrient Composition of Lentils under Different Fertilization Regimes**

The article presents data on the accumulation of micronutrients in the seeds and straw of lentils depending on fertilization on podzolized chernozem of the Right-Bank Forest Steppe of Ukraine.

It was established that lentil straw, compared to seeds, contains higher amounts of iron, manganese, copper, boron, and cobalt.

Under improved nitrogen nutrition of plants and inoculation with nodule bacteria, higher accumulation of manganese, zinc, and molybdenum in lentil seeds was observed, whereas improved phosphorus nutrition reduced the content of iron, copper, and zinc. Increased potassium nutrition decreased the content of iron, manganese, boron, and molybdenum in lentil plants.

The iron content in lentil seeds ranged from 40.3 to 45.7 mg/kg of dry matter, depending on the experimental variant. Changes were minor, which can be explained by genetic stability mechanisms of the plant organism and biological dilution associated with increased biomass yield.

In the conducted experiment, lentil seeds contained low levels (11.1–13.3 mg/kg) of manganese, indicating that plants may respond to additional manganese fertilization.

According to research data, the zinc content in lentil seeds was 39.2–46.2 mg/kg of dry matter, which is relatively high for legumes. With increasing yield, its concentration decreased, which can be explained by biological dilution.

The copper content in lentil seeds ranged from 8.76 to 10.35 mg/kg of dry matter, which is optimal (1–15 mg/kg) for grain legumes.

The molybdenum content in lentil seeds from unfertilized plots was 0.14–0.16 mg/kg of dry matter. The application of nitrogen and phosphorus fertilizers increased up to 0.31 mg/kg, depending on the experimental variant. The application of ammonium molybdate contributed to increasing its content in lentil seeds to 3.88–4.25 mg/kg of dry matter, depending on the experimental variant.

In the conducted experiment, the cobalt content in lentil seeds was quite low—from the minimum detectable limit of the instrument to 0.017 mg/kg. This indicates the potential high efficiency of applying cobalt fertilizers to lentils.

**Key words:** manganese, zinc, molybdenum, boron, copper, cobalt, iron, seeds, straw, fertilizers, podzolized chernozem.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## МОРФО-БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ *TULIPA* L. В УМОВАХ ВІДКРИТОГО ҐРУНТУ

**М'ЯЛКОВСЬКИЙ Р.О.** – доктор сільськогосподарських наук, професор,  
[orcid.org/0000-0002-0791-4361](https://orcid.org/0000-0002-0791-4361)

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

**ПАНЦИРЕВА Г.В.** – доктор сільськогосподарських наук, доцент  
[orcid.org/0000-0002-0539-5211](https://orcid.org/0000-0002-0539-5211)

Вінницький національний аграрний університет

**ПЕТРИЩЕ О.І.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент,  
[orcid.org/0000-0002-9802-8006](https://orcid.org/0000-0002-9802-8006)

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

**КУШНІРУК Т.М.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент,  
[orcid.org/0000-0002-3983-6070](https://orcid.org/0000-0002-3983-6070)

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

**ЛОБУНЬКО Ю.В.** – кандидат економічних наук, доцент,  
[orcid.org/0000-0003-1695-9315](https://orcid.org/0000-0003-1695-9315)

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

**ЦВІТКОВА К.В.** – студентка  
[orcid.org/0009-0008-5947-6982](https://orcid.org/0009-0008-5947-6982)

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

**Постановка проблеми.** У сучасному декоративному садівництві та квітникарстві тюльпани посідають одне з провідних місць завдяки винятковому сортовому різноманіттю, яке налічує близько трьох тисяч культиварів, що відрізняються морфологічними ознаками, термінами цвітіння та спектром забарвлення квіток [1]. Тюльпани широко використовуються у флористичі, декоративному озелененні та оформленні інтер'єрів завдяки високій естетичній цінності, різноманіттю форм і забарвлення, а також добрим показникам стійкості у зрізі [2]. У букетному виробництві тюльпани є однією з провідних культур весняного асортименту [3]. Вони застосовуються як у монобукетах, де підкреслюється чистота ліній і кольору конкретного сорту, так і в складних флористичних композиціях у поєднанні з іншими цибулинними та декоративно-листяними рослинами [4]. Завдяки варіативності висоти квітконосів і форм квітки тюльпани використовують у букетах різного стилю – від класичних і романтичних до мінімалістичних та сучасних авторських робіт.

У флористичі тюльпани цінуються за пластичність стебла, що дозволяє створювати динамічні, природні за характером композиції. Вони активно застосовуються для оформлення урочистих подій, сезонних свят, виставкових експозицій та тематичних інсталяцій. Різноманіття сортів за термінами цвітіння й кольоровою гамою дає змогу підбирати рослини відповідно до стилістичної концепції заходу та забезпечувати безперервність декоративного ефекту. В озелененні тюльпани є важливим елементом весняного квіткового оформлення територій. Їх використовують у міських квітниках, парках, скверах, на прибудинкових ділянках і в приватних садах [5]. Рослини висаджують масивами, групами,

стрічками або включають до складу міксбордерів і регулярних композицій. Тюльпани ефективно поєднуються з іншими ранньоквітучими культурами, забезпечуючи яскравий акцент у період, коли більшість декоративних рослин ще не досягла повної декоративності. В оформленні інтер'єрів тюльпани використовують як у зрізі, так і в контейнерному вирощуванні, зокрема при вигонці. Вони застосовуються для декорування житлових і громадських приміщень, офісів, готелів, виставкових залів та торговельних просторів. Завдяки стриманій, але виразній декоративності тюльпани гармонійно вписуються в інтер'єри різних стилів – від класичних до сучасних мінімалістичних. Контейнерні композиції з тюльпанами дозволяють створювати тимчасові сезонні акценти та підкреслювати просторову структуру інтер'єру без тривалих змін у його оформленні [2,6].

Така різноманітність зумовлює широкі можливості використання тюльпанів у ландшафтному дизайні, флористичі та озелененні, де вони однаково ефектно проявляють себе як у групових композиціях, так і в поодиноких посадках або зрізі. Завдяки цьому тюльпани є універсальною культурою для декоративного оформлення просторів різного функціонального призначення та святкових заходів. Разом із тим значна частина сучасного асортименту тюльпанів надходить в Україну шляхом імпорту, що актуалізує питання їхньої адаптації до місцевих ґрунтово-кліматичних умов. Недостатня вивченість біологічних і екологічних особливостей багатьох інтродукованих сортів у різних регіонах країни обмежує можливості їх ефективного вирощування та стабільного отримання високоякісної квіткової продукції.

У зв'язку з цим особливої уваги потребують дослідження, спрямовані на встановлення оптимальних умов



культивування тюльпанів з урахуванням регіональних особливостей України. Крім декоративної цінності, тюльпани розглядаються як перспективна культура для отримання екологічно безпечної рослинної сировини з прогнозованим і нормованим вмістом біологічно активних речовин, що може бути використана у фармацевтичній галузі [7].

Контрольоване вирощування сортів, адаптованих до місцевих умов, є необхідною передумовою для забезпечення стабільної якості такої сировини. Актуальність дослідження визначається зростаючим попитом на перевірені, високодекоративні та біологічно стійкі сорти тюльпанів, а також потребою наукового обґрунтування їх добору для культивування в Україні. Це зумовлює необхідність комплексних інтродукційних і агроєкологічних досліджень сучасного сортименту тюльпанів з метою підвищення ефективності їх використання в декоративному садівництві та суміжних галузях.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Рід *Tulipa* L. належить до родини *Liliaceae* Juss. і об'єднує понад 100 видів багаторічних цибулинних рослин, природний ареал яких охоплює території Євразії з осередками різноманіття у Середній Азії та Середземномор'ї (рис. 1).

У культурі тюльпани характеризуються чітко вираженим коротким вегетаційним періодом, який у середньому триває 80-120 днів – від кінця березня до червня [5]. За цей обмежений проміжок часу рослини проходять повний цикл розвитку, формуючи надземну асиміляційну масу, генеративні органи, забезпечуючи повноцінне цвітіння та закладаючи дочірні цибулини для наступного вегетаційного сезону.

Цибулина тюльпана є багаторічним спеціалізованим органом вегетативного розмноження та запасаання поживних речовин і складається з укороченого стебла – донця – та м'ясистих лусок, які є видозміненими листками. Характерною біологічною особливістю культури

є щорічна заміна лусок, тоді як донце функціонує упродовж 2-2,5 років. Захисну функцію цибулини виконує щільна суха покривна луска коричневого забарвлення, яка зменшує негативний вплив несприятливих абіотичних чинників і механічних ушкоджень [8].

Листки тюльпана подовжені, ланцетні або еліптично-ланцетні, зеленого забарвлення, з гладким або хвилястим краєм, розташовані почергово на стеблі та поступово зменшуються за розмірами у напрямку від основи до верхівки [9]. Стебло прямостояче, трав'янисте, зазвичай несе одну квітку, хоча серед видів і сортів трапляються багатоквіткові форми.

Основну декоративну цінність тюльпанів становить квітка, яка з морфологічної точки зору є великою, правильної форми, завдовжки від 3 до 12 см і діаметром 2–10 см [10]. Оцвітина проста, зазвичай складається з шести пелюсткоподібних листочків, хоча в культурі широко представлені махрові сорти з їх значно більшою кількістю.

Квітка має шість тичинок і одну маточку з верхньою зав'яззю. Характерною фізіологічною особливістю є відкривання квітки за сонячної погоди та її змикання вночі або за умов хмарності [12]. Забарвлення оцвітини у дикорослих видів переважно обмежується червоними, жовтими та білими тонами, тоді як сортові тюльпани відзначаються надзвичайно широкою палітрою кольорів і відтінків, включно з двоколірними та багатоколірними формами. У низки сортів пелюстки мають складну морфологію, зокрема хвилясті, гофровані або сильно розсічені краї, що характерно для папугових тюльпанів, а також бахромчасте облямівання.

Тривалість цвітіння зазвичай становить 12-14 днів, однак за умов підвищених температур, особливо вище 25 °С, цей період суттєво скорочується. Плід тюльпана – багатонасінна коробочка, в якій формуються численні насінини тригранної форми, що забезпечують

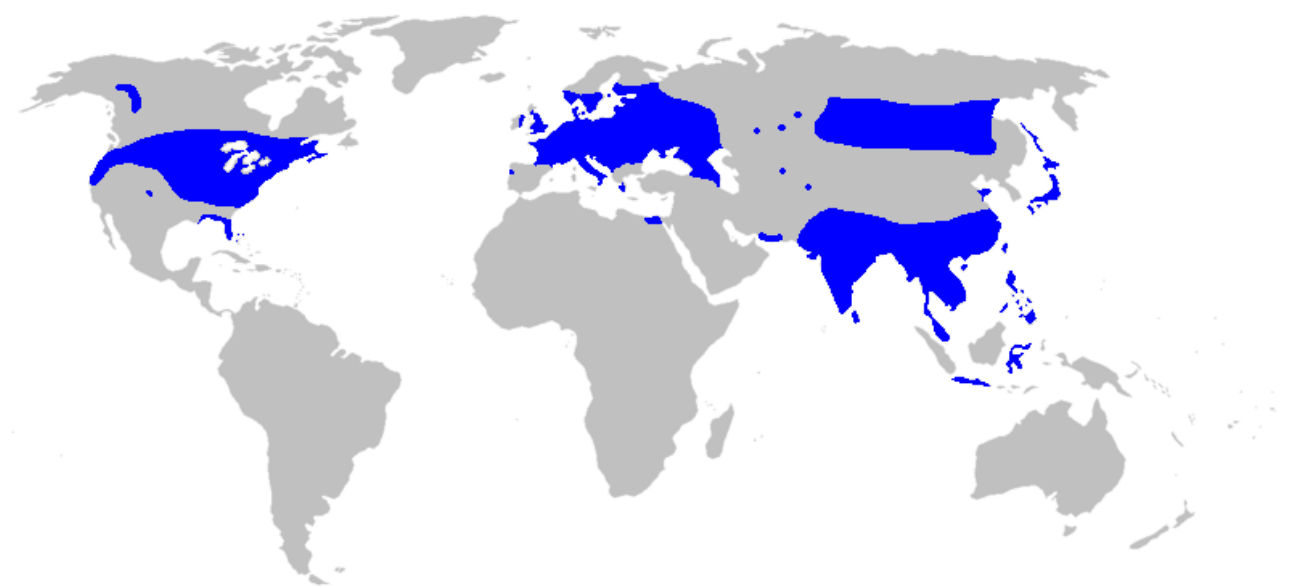


Рис. 1. Природний ареал роду *Tulipa* L.

генеративне розмноження, хоча в культурній практиці переважає вегетативний спосіб відтворення.

**Мета досліджень.** Мета дослідження полягає у комплексному вивченні морфо-біологічних особливостей росту й розвитку представників роду *Tulipa* L. в умовах відкритого ґрунту, оцінці їх адаптаційної здатності до місцевих ґрунтово-кліматичних умов, а також визначенні перспективних напрямів практичного використання тюльпанів у декоративному садівництві, озелененні та флористичі.

Дослідження спрямоване на розробку та обґрунтування ефективних агротехнічних заходів і рекомендацій щодо вирощування різних сортів тюльпанів (*Tulipa* L.) у відкритому ґрунті, враховуючи їх морфобіологічні особливості, адаптивні властивості та потенціал декоративного використання у флористичі та озелененні.

Окрему увагу приділено питанню впливу ґрунтово-кліматичних умов та агротехнічних прийомів на формування вегетативних і генеративних органів тюльпанів, їх морозостійкість, тривалість цвітіння та декоративні якості, а також на ефективність закладання дочірніх цибулин і забезпечення стабільного відтворення сортів у культурі.

Досягнення поставленої мети дозволить оцінити морфобіологічні особливості росту і розвитку різних сортів тюльпанів (*Tulipa* L.), їх адаптивні властивості до умов відкритого ґрунту, а також визначити оптимальні агротехнічні прийоми для підвищення декоративності, тривалості цвітіння та ефективності вегетативного розмноження.

**Методика та умови досліджень.** Об'єктом дослідження слугували голландські сорти тюльпанів: Auxerre, Foxy Foxtrot, Toendra. Досліджувані сорти характеризуються різними формами та забарвленням квіток, що дозволяє оцінювати їх адаптивні можливості, тривалість цвітіння та ефективність вегетативного відтворення в умовах відкритого ґрунту.

Теоретичною та методологічною основою дослідження стали спеціальні та загальноприйняті методи декоративного садівництва, що дозволяють комплексно оцінювати ріст, розвиток та декоративні якості цибулинних рослин. Аналітичним матеріалом слугували дані, які

відповідають вимогам світових і вітчизняних стандартів щодо морфологічних, фенологічних та продуктивних показників рослин [11]. Для збору та узагальнення експериментальної інформації застосовувалися традиційні агротехнічні та фенологічні спостереження, включно з обліком росту листків, висоти стебла, тривалості цвітіння, кількості та маси квіток, формування дочірніх цибулин. Морозостійкість і адаптивні властивості рослин оцінювали візуально під час весняного відновлення вегетації та за ступенем збереження надземних і підземних органів. Обробка отриманих даних проводилася за допомогою розрахункових і статистичних методів, зокрема дисперсійного аналізу для визначення впливу факторів на варіабельність показників, кореляційного аналізу для виявлення взаємозв'язків між ознаками та регресійного аналізу для моделювання залежностей росту, розвитку та цвітіння від умов вирощування. Порівняльно-обчислювальні методи дозволили зіставляти отримані результати з літературними даними та встановлювати закономірності морфо-біологічного розвитку досліджуваних сортів.

**Результати досліджень.** Спостереження включали аналіз строків настання та завершення основних фенологічних фаз, інтенсивності росту пагонів, особливостей цвітіння та формування генеративних органів, що дало змогу більш об'єктивно оцінити адаптаційні можливості рослин до умов інтродукції та науково обґрунтувати ефективні агротехнічні заходи для їх вирощування. Дослідження проводили на сортах тюльпанів Auxerre, Foxy Foxtrot та Toendra, які відрізняються морфологічними ознаками та декоративними властивостями, що дозволяє комплексно порівняти їх ріст і розвиток у відкритому ґрунті (табл. 1).

Порівняльний аналіз календарних строків проходження фенологічних фаз у сортів тюльпанів Auxerre, Foxy Foxtrot та Toendra свідчить про чітко виражені сортові відмінності в темпах росту й розвитку рослин. Найраніше проходження більшої частини фенологічних фаз характерне для сорту Auxerre, що вказує на його скоростиглість і кращу пристосованість до ранньовесняних умов. Початок весняного відновлення вегетації у цього сорту відмічено 25 березня, тоді як



Auxerre



Foxy Foxtrot



Toendra

Рис. 2. Об'єкт дослідження: сорти тюльпана садового голландської селекції

у Foxy Foxtrot – 26 березня, а у Toendra – 28 березня. Аналогічна тенденція зберігається і на наступних етапах розвитку, зокрема під час появи листків та фази інтенсивного росту пагонів.

Сорт Foxy Foxtrot за строками проходження фенологічних фаз займає проміжне положення між досліджуваними сортами. У нього спостерігалось незначне зміщення термінів появи листків і початку бутонізації на 2–3 дні порівняно з Auxerre, що свідчить про помірний темп розвитку. Сорт Toendra характеризувався найбільш пізнім настанням усіх основних фаз вегетації, включно з початком бутонізації, цвітінням та завершенням вегетаційного періоду.

Відмінності між сортами особливо чітко проявилися у фазах цвітіння. Початок цвітіння у сорту Auxerre відбувся 22 квітня, у Foxy Foxtrot – 24 квітня, тоді як у Toendra – 26 квітня. Масове цвітіння у пізньорозвиненого сорту Toendra наставало найпізніше, що зумовило подовження загального періоду декоративності насаджень за умови сумісного вирощування сортів різних строків цвітіння. Завершення цвітіння та подальші етапи формування насінневої коробочки і відмирання листків також відбувалися з послідовним зсувом у часі від Auxerre до Toendra.

Отримані результати свідчать, що поєднання сортів Auxerre, Foxy Foxtrot та Toendra в посадках дозволяє забезпечити безперервність цвітіння та підвищити декоративний ефект у відкритому ґрунті. Виявлені сортові особливості фенологічного розвитку можуть бути використані при доборі сортименту для озеленення, плануванні строків вигонки та оптимізації агротехнічних заходів.

З метою встановлення перспективності досліджуваних рослин для практичного використання в озелененні

було здійснено всебічний аналіз їхніх господарсько-біологічних властивостей. Оцінювання проводили з урахуванням сукупності морфологічних, біологічних і декоративних ознак, а також окремих економічно важливих показників (табл. 2).

Критерії відбору базувалися на загальноприйнятих підходах до оцінки декоративних культур, зокрема видів і сортів, близьких за біологічними особливостями до *Tulipa gesneriana* L., що дозволило об'єктивно визначити рівень їх декоративності та доцільність впровадження у практику озеленення.

Досліджувані сорти істотно різняться за висотою рослин, довжиною квітки та тривалістю цвітіння, що свідчить про їхній різний декоративний потенціал і напрями використання. Найвищі рослини сорту Toendra ( $50,1 \pm 2,8$  см), однак він характеризувався найменшою довжиною квітки ( $6,7 \pm 0,3$  см) та найкоротшим періодом цвітіння ( $12 \pm 1$  день), що зумовило відносно нижчу загальну оцінку декоративності (8,8 бала). Сорт Auxerre вирізнявся оптимальним поєднанням ознак, а саме: значною довжиною квітки ( $9,2 \pm 0,7$  см), тривалим періодом цвітіння ( $18 \pm 2$  дні) та стабільними показниками висоти рослин ( $45,6 \pm 2,3$  см). Саме цей сорт отримав найвищу загальну оцінку декоративності – 9,6 бала, що свідчить про його високий декоративний потенціал та перспективність для широкого використання в озелененні. Foxy Foxtrot характеризується середніми показниками, поєднуючи помірну висоту рослин ( $42,3 \pm 2,1$  см), достатню довжину квітки ( $8,4 \pm 0,6$  см) і середню тривалість цвітіння ( $15 \pm 2$  дні). Загальна декоративна оцінка цього сорту склала 9,1 бала, що також дозволяє віднести його до високо-декоративних. Таким чином, аналіз експериментальних даних доводить, що інтегральна

Таблиця 1

#### Календарні строки проходження основних фенологічних фаз *Tulipa gesneriana* (дата)

| Фенологічна фаза                        | Календарні строки (дата) |              |         |
|-----------------------------------------|--------------------------|--------------|---------|
|                                         | Auxerre                  | Foxy Foxtrot | Toendra |
| Початок весняного відновлення вегетації | 25.03                    | 26.03        | 28.03   |
| Поява листків                           | 30.03                    | 01.04        | 03.04   |
| Інтенсивний ріст листків і пагонів      | 05.04                    | 07.07        | 09.04   |
| Початок бутонізації                     | 12.04                    | 14.04        | 16.04   |
| Повна бутонізація                       | 18.04                    | 19.04        | 21.04   |
| Початок цвітіння                        | 22.04                    | 24.04        | 26.04   |
| Масове цвітіння                         | 26.04                    | 28.05        | 30.05   |
| Кінець цвітіння                         | 05.05                    | 07.05        | 09.05   |
| Формування насінневої коробочки         | 10.05                    | 12.05        | 15.05   |
| Початок відмирання листків              | 25.05                    | 27.05        | 30.05   |
| Повне відмирання надземної частини      | 10.06                    | 13.06        | 17.06   |

Таблиця 2

#### Оцінка декоративної цінності *Tulipa gesneriana*

| Сорт         | Висота рослини, см | Довжина квітки, см | Тривалість цвітіння, дні | Загальна оцінка декоративності (max 10) |
|--------------|--------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------------------------|
| Auxerre      | $45,6 \pm 2,3$     | $9,2 \pm 0,7$      | $18 \pm 2$               | 9,6                                     |
| Foxy Foxtrot | $42,3 \pm 2,1$     | $8,4 \pm 0,6$      | $15 \pm 2$               | 9,1                                     |
| Toendra      | $50,1 \pm 2,8$     | $6,7 \pm 0,3$      | $12 \pm 1$               | 8,8                                     |

оцінка декоративності *Tulipa gesneriana* визначається не окремим показником, а сукупністю морфологічних і фенологічних характеристик, серед яких провідну роль відіграють розміри квітки та тривалість цвітіння.

**Висновки.** У ході досліджень встановлено, що голландські сорти тюльпана садового (*Tulipa gesneriana* L.) Аухерге, Фоу Foxtrot та Тоендра проявляють чітко виражені сортові відмінності за фенологічними строками, морфологічними показниками та рівнем декоративності в умовах відкритого ґрунту. Це свідчить про різний рівень їх адаптації та перспективність практичного використання. Найбільш ранньостиглим і стабільним за розвитком виявився сорт Аухерге, який характеризувався раннім відновленням вегетації, тривалишим цвітінням і найбільшою довжиною квітки. Саме цей сорт отримав найвищу загальну оцінку декоративності (9,6 бала), що дозволяє рекомендувати його для широкого застосування в озелененні та флористиці. Фоу Foxtrot займає проміжне положення за більшістю показників і також відзначається високою декоративною цінністю (9,1 бала). Тоендра характеризується пізнішими строками розвитку, більшою висотою рослин, але коротшим періодом цвітіння, що зумовило дещо нижчий рівень декоративності (8,8 бала). Загалом поєднання досліджуваних сортів дозволяє подовжити період весняної декоративності насаджень. Отримані результати можуть бути використані для науково обґрунтованого добору сортів тюльпанів та вдосконалення технологій їх вирощування в умовах України.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Bakhmat, M., Padalko, T., Krachan, T., Tkach, O., Pantsyrev, H., Tkach, L. Formation of the Yield of *Matricaria recutita* and Indicators of Food Value of *Sychorium intybus* by Technological Methods of Co-Cultivation in the Interrows of an Orchard. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. Vol. 24, № 8. P. 250-259. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/166553>
2. Didur I., Tkachuk O., Pantsyrev, H., Chabanuk Ya., Pankova S., Hutsol H., Mazur O., Kovka N. Bioindication characteristics of trees in solid protection forest strips depending on intensive agriculture. *Journal of Ecological Engineering*. 2025, Vol. 26, Issue 6. P. 315–328. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/202749>
3. Myalkovsky R., Pantsyrev, H. The use of digestate for the development of organic agricultural production. *Agro-ecological potential of soil cover of Vinnytsia region: scientific monograph*. Riga, Latvia: Publishing House «Baltija Publishing». 2023. P. 72-90. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-290-6-4>
4. Pantsyrev, H., Vovk V., Bronnicova L., Zabarna T. Efficiency of the Use of Lawn Grasses for Biology and Soil Conservation of Agricultural Systems under the Conditions of the Ukraine's Podillia. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. Vol. 24, № 11. P. 249-256. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/171649>
5. Pantsyrev, H., Tysiachnyi O., Matusyak M., Kozak Y. Influence of the Type of Root on the Rooting of *Viburnum opulus*. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. Vol. 25, Issue 4. P. 238–248. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/184690>
6. Prokopchuk V., Pantsyrev, H., Tsyhanska O. Biostationary and exposition plot of Vinnytsia national agrarian university as an educational, scientific and manufacturing base in preparation of the landscape gardening specialist. *The scientific heritage*. 2020. Vol. 1 (51). P. 8–17.
7. Puyu V., Bakhmat M., Pantsyrev, H., Khmeliachyshyn Y., Stepanchenko V., Bakhmat O. Social-and-Ecological Aspects of Forage Production Reform in Ukraine in the Early 21st Century. *European Journal of Sustainable Development*. 2021. Vol. 10, № 1. P. 221-228. DOI: <https://doi.org/10.14207/ejsd.2021.v10n1p221>
8. Tkachuk O., Pantsyrev, H., Mazur K., Chabanuk Ya., Zabarna T., Pelekh L., Bronnicova L., Kozak Yu., Viter N. Ecological problems of the functioning of field protective forest belts of Ukrainian Forest Steppe. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2025. Vol. 26(1). P. 149-161 DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/>
9. Tsyhanska O., Pantsyrev, H., Dolinska O. Analysis of vertical landscaping and recommendations for its improvement in the closed environment. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 3 (34). С. 171-181. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-3-15
10. Гончарук І.В., Панцирева Г.В., Броннікова Л.Ф. Формування газонних трав на основі ґрунтозбереження в умовах паркової зони ВНАУ. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 3. С. 108-114. DOI: 10.33730/2310-4678.3.2023.287824
11. Лаптев О.О. Интродукция та акліматизація рослин з основами озеленення. Київ: Фітосоціоцентр, 2001. 109 с.
12. М'ялковський Р.О., Панцирева Г.В., Безвіконний П.В., Потапський Ю.В., Петрище О.І., Лобунько Ю.В. Удосконалення агротехніки вирощування садивного матеріалу *Buxus Sempervirens* L. в умовах Поділля. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2023. № 4 (104). DOI: [https://doi.org/10.31548/dopovid4\(104\).2023.010](https://doi.org/10.31548/dopovid4(104).2023.010)
13. Панцирева Г.В. Миколюк О.О., Семчук В.В. Сучасний стан колекції півоній на базі ботанічного саду «Поділля» Вінницького національного аграрного університету. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. Т. 29. № 8. С. 46-50. <https://doi.org/10.36930/40290806>

#### REFERENCES:

1. Bakhmat, M., Padalko, T., Krachan, T., Tkach, O., Pantsyrev, H., Tkach, L. (2023). Formation of the Yield of *Matricaria recutita* and Indicators of Food Value of *Sychorium intybus* by Technological Methods of Co-Cultivation in the Interrows of an Orchard. *Journal of Ecological Engineering*. 24, 8, 250-259.
2. Didur I., Tkachuk O., Pantsyrev, H., Chabanuk Ya., Pankova S., Hutsol H., Mazur O., Kovka N. (2025). Bioindication characteristics of trees in solid protection forest strips depending on intensive agriculture. *Journal of Ecological Engineering*. 26, 6, 315–328.
3. Myalkovsky R., Pantsyrev, H. (2023). The use of digestate for the development of organic agricultural production. *Agro-ecological potential of soil cover of Vinnytsia region: scientific monograph*. Riga, Latvia: Publishing House «Baltija Publishing». 72-90.
4. Pantsyrev, H., Vovk V., Bronnicova L., Zabarna T. (2023). Efficiency of the Use of Lawn Grasses for Biology and Soil Conservation of Agricultural Systems under the



- Conditions of the Ukraines Podillia. Journal of Ecological Engineering. 24, 11, 249-256.
5. Pantsyreva H., Tysiachnyi O., Matusyak M., Kozak Y. (2024). Influence of the Type of Root on the Rooting of *Viburnum opulus*. Journal of Ecological Engineering. 25, 4. 238–248.
  6. Prokopchuk V., Pantsyreva H., Tsyhanska O. (2020). Biostationary and exposition plot of Vinnytsia national agrarian university as an educational, scientific and manufacturing base in preparation of the landscape gardening specialist. The scientific heritage. 1 (51), 8–17.
  7. Puyu V., Bakhmat M., Pantsyreva H., Khmelianchyshyn Y., Stepanchenko V., Bakhmat O. (2021). Social-and-Ecological Aspects of Forage Production Reform in Ukraine in the Early 21st Century. European Journal of Sustainable Development. 10, 1. 221-228.
  8. Tkachuk O., Pantsyreva H., Mazur K., Chabanuk Ya., Zabarna T., Pelekh L., Bronnicova L., Kozak Yu., Viter N. (2025). Ecological problems of the functioning of field protective forest belts of Ukrainian Forest Steppe. Ecological Engineering & Environmental Technology. 26(1), 149-161.
  9. Tsyhanska O., Pantsyreva H., Dolinska O. (2024). [Analysis of vertical landscaping and recommendations for its improvement in the closed environment]. Silske gospodarstvo ta lisivnytstvo, 3 (34), 171-181 [in Ukrainian].
  10. Honcharuk I.V., Pantsyreva H.V., Bronnikova L.F. (2023). Formuvannia hazonnykh trav na osnovi gruntoz-berezhennia v umovakh parkovoi zony VNAU [Formation of lawn grasses based on soil conservation in the conditions of the park zone of VNAU]. Zbalansovane pryrodokorystuvannia, 3, 108-114. DOI: 10.33730/2310-4678.3.2023.287824 [in Ukrainian].
  11. Laptiev O.O. (2001). Introduktsiia ta aklimatyzatsiia roslin z osnovamy ozelenennia [Introduction and acclimatization of plants with the basics of landscaping]. Kyiv: Fitosotsiotsentr, 109. [in Ukrainian].
  12. Mialkovskiy R.O., Pantsyreva H.V., Bezikonnyi P.V., Potapyskiy Yu.V., Petryshche O.I., Lobunko Yu.V. (2023). Udoskonalennia ahrotekhniki vyroshchuvannia sadyvnoho materialu Buxus Sempervirens L. v umovakh Podillia [Improvement of agricultural techniques for growing planting material of Buxus Sempervirens L. in the conditions of Podillia]. Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy, 4 (104) [in Ukrainian].
  13. Pantsyreva H.V. Mykoliuk O.O., Semchuk V.V. (2019). Suchasnyi stan kolektsii pivonii na bazi botanichnoho sadu «Podillia» Vinnytskoho natsionalnoho aharnoho universytetu [Current status of the peony collection based on the Podillya Botanical Garden of Vinnytsia National Agrarian University]. Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy, 29, 8, 46-50 [in Ukrainian].

**М'ялковський Р.О., Панцирева Г.В., Петрище О.І., Кушнірук Т.М., Лобунько Ю.В., Цвіткова К.В. Морфологічні особливості росту *Tulipa* L. в умовах відкритого ґрунту**

У результаті проведених досліджень встановлено, що досліджувані голландські сорти тюльпана садового (*Tulipa gesneriana* L.) Auxerre, Foxy Foxtrot та Toendra характеризуються чітко вираженими сортовими відмінностями за темпами росту, строками проходження

фенологічних фаз, морфологічними показниками та рівнем декоративної цінності в умовах відкритого ґрунту. Отримані дані підтверджують доцільність комплексного підходу до оцінки сортів, який поєднує фенологічні, морфометричні та декоративні характеристики. Виявлено, що сорт Auxerre є найбільш скоростиглим і адаптованим до ранньовесняних умов, що проявляється у найранішому відновленні вегетації, швидшому переході до фаз бутонізації та цвітіння, а також у подовженому періоді декоративності. Встановлено, що завдяки оптимальному поєднанню висоти рослин, значної довжини квітки та тривалої фази цвітіння цей сорт отримав найвищу загальну оцінку декоративності (9,6 бала) і може бути рекомендований для широкого використання в озелененні, флористиці та для вигонки. Сорт Foxy Foxtrot займає проміжне положення за строками розвитку та декоративними показниками. Зафіксовано, що у помірні темпи росту, стабільні морфологічні характеристики та достатньо тривале цвітіння забезпечують високу декоративну привабливість (9,1 бала), що дозволяє ефективно використовувати його як у групових посадках, так і у зрізі. Сорт Toendra характеризується пізнішими строками проходження фенологічних фаз, більшою висотою рослин, але меншою довжиною квітки та скороченим періодом цвітіння, що зумовило дещо нижчий рівень загальної декоративності (8,8 бала). Водночас пізніше цвітіння цього сорту є цінною ознакою для подовження загального періоду декоративності насаджень за умови сумісного вирощування сортів різних строків цвітіння. Загалом результати досліджень свідчать, що поєднання сортів Auxerre, Foxy Foxtrot та Toendra в озелененні дозволяє забезпечити безперервність весняного цвітіння та підвищити естетичну виразність квіткових композицій. Отримані висновки мають практичне значення для науково обґрунтованого добору сортименту тюльпанів, оптимізації агротехнічних заходів і підвищення ефективності їх використання в декоративному садівництві, флористиці та суміжних галузях.

**Ключові слова:** *Tulipa gesneriana* L., сорт, декоративність, фенологічна фаза, озеленення.

**Myalkovsky R.O., Pantsyreva H.V., Petrishche O.I., Kushniruk T.M., Lobunko Y.V., Tsvitkova K.V. Morphological features of *Tulipa* L. growth in open soil conditions**

As a result of the conducted research, it was found that the studied Dutch varieties of garden tulip (*Tulipa gesneriana* L.) Auxerre, Foxy Foxtrot and Toendra are characterized by clearly expressed varietal differences in growth rates, timing of phenological phases, morphological indicators and level of decorative value in open ground conditions. The obtained data confirm the feasibility of a comprehensive approach to assessing varieties, which combines phenological, morphometric and decorative characteristics. It was found that the Auxerre variety is the most early maturing and adapted to early spring conditions, which is manifested in the earliest renewal of vegetation, faster transition to the budding and flowering phases, as well as in an extended period of decorativeness. It was found that due to the optimal combination of plant height, significant flower length and long flowering phase, this variety received the highest overall decorativeness rating (9.6 points) and can be recommended for widespread use in landscaping, floristry and for forcing. The Foxy Foxtrot variety occupies an intermediate position in terms of development time and decorative indicators. It was recorded that moderate growth

rates, stable morphological characteristics and sufficiently long flowering provide high decorative appeal (9.1 points), which allows it to be effectively used both in group plantings and in cutting. The Toendra variety is characterized by later terms of phenological phases, greater plant height, but shorter flower length and a shortened flowering period, which resulted in a slightly lower level of overall decorativeness (8.8 points). At the same time, the later flowering of this variety is a valuable feature for extending the overall decorativeness period of plantings under the condition of joint cultivation of varieties with different flowering times. In

general, the results of the research indicate that the combination of the varieties Auxerre, Foxy Foxtrot and Toendra in landscaping allows to ensure the continuity of spring flowering and increase the aesthetic expressiveness of flower arrangements. The obtained conclusions have practical significance for the scientifically based selection of tulip assortment, optimization of agrotechnical measures and increasing the efficiency of their use in ornamental gardening, floristry and related industries.

**Key words:** *Tulipa gesneriana* L, variety, decorativeness, phenological phase, landscaping.

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026



## ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН ФОТОСИНТЕТИЧНОГО АПАРАТУ МІСКАНТУСУ ГІГАНТСЬКОГО ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ТА ПІДЖИВЛЕННЯ ГУМАТОМ КАЛІЮ

НОСЕНКО В.Г. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
[orcid.org/0000-0002-4917-3514](https://orcid.org/0000-0002-4917-3514)  
Національний університет біоресурсів і природокористування

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Міскантус гігантський (*Miscanthus × giganteus*) є однією з найбільш перспективних біоенергетичних культур для помірного клімату завдяки високій продуктивності біомаси, низькому рівню вхідних ресурсів та здатності ефективно секвеструвати вуглець у ґрунті [1]. Як C<sub>4</sub>-рослина, міскантус характеризується специфічним механізмом фіксації вуглекислого газу, що забезпечує вищу ефективність фотосинтезу порівняно з C<sub>3</sub>-культурами [2]. Функціональний стан фотосинтетичного апарату є визначальним чинником продуктивності рослин та їх стійкості до стресових факторів середовища [3].

Вміст хлорофілу в листках безпосередньо визначає потенційну фотосинтетичну активність і може бути оперативно оцінений за допомогою портативних хлорофілометрів SPAD-502 [4]. Для злакових культур встановлено тісні кореляційні залежності між показниками SPAD та вмістом азоту в листках [5], що робить цей метод ефективним інструментом діагностики мінерального живлення. Cadoux et al. [6] показали, що вміст хлорофілу в листках міскантусу суттєво залежить від забезпеченості азотом та інших елементів мінерального живлення.

Метод індукції флуоресценції хлорофілу (хлорофіл а fluorescence) є потужним неруйнівним інструментом оцінки функціонального стану фотосинтетичного апарату [7]. Параметр Fv/Fm характеризує максимальну квантову ефективність фотосистеми II (ФС II) і є загально визнаним індикатором стресу рослин [8]. Для здорових рослин значення Fv/Fm зазвичай знаходяться в діапазоні 0,75–0,85 [9]. Індекс продуктивності PI(abs), розроблений Strasser et al. [10] на основі JIP-тесту, є значно чутливішим інтегральним показником, що враховує щільність активних реакційних центрів, ефективність світлових та темнових реакцій фотосинтезу [11].

Гумінові речовини, зокрема гумати калію, здійснюють комплексний вплив на фізіологічні процеси рослин. Canellas et al. [12] у метааналізі показали стимулювальну дію гумінових кислот на ростові процеси та фотосинтетичну активність. Nardi et al. [13] встановили позитивний вплив гумінових речовин на стабільність мембран хлоропластів. Rose et al. [14] у систематичному огляді підтвердили ефективність гуматів як біостимуляторів для широкого спектра сільськогосподарських

культур. Jannin et al. [15] виявили, що гумінові речовини покращують донорну сторону ФС II та знижують фотоінгібування.

Леонардит є природним джерелом гумінових кислот з високим вмістом (60–85%) органічної речовини [16]. Його застосування як органічного добрива забезпечує комплексний вплив на ґрунт та рослини, включаючи покращення структури ґрунту, стимуляцію мікробіологічної активності та підвищення доступності елементів живлення [17]. В Україні Рахметов [18] та Пономаренко [19] дослідили вплив регуляторів росту та біостимуляторів на продуктивність інтродукованих біоенергетичних культур, проте комплексних досліджень щодо впливу Леонардиту та гуматів на функціональний стан фотосинтетичного апарату міскантусу гігантського в умовах Лісостепу не проводилося.

Разом з тим, залишаються нез'ясованими закономірності впливу різних систем удобрення у поєднанні з позакореневим підживленням гуматом калію на параметри флуоресценції хлорофілу (Fv/Fm, PI(abs)) та вміст хлорофілу (SPAD) міскантусу гігантського сорту Осінній зорецвіт протягом перших п'яти років формування плантації в умовах Лісостепу України.

**Мета дослідження** – встановити закономірності зміни функціонального стану фотосинтетичного апарату міскантусу гігантського залежно від системи удобрення та позакореневого підживлення гуматом калію на основі показників SPAD, Fv/Fm та PI(abs).

**Матеріал і методи дослідження.** Дослідження проводили впродовж 2021–2025 рр. у ВП НУБіП України «Великоснітинське ім. О.В. Музиченка» Фастівського району Київської області (49°44' пн. ш., 30°06' сх. д.) на чорноземі опідзоленому сильнозмитому легкосуглинковому на лесовидному суглинку. Агрохімічна характеристика ґрунту орного шару (0–30 см): вміст гумусу – 1,43%, азоту легкогідролізованого – 70,6 мг/кг, рухомого фосфору (за Чириковим) – 66,6 мг/кг, обмінного калію – 123,7 мг/кг, рН KCl – 5,76, щільність зложення – 1,17 г/см<sup>3</sup>.

Дослід двофакторний, повторність триразова, розміщення ділянок рендомізоване. Площа посівної ділянки – 50 м<sup>2</sup>, облікової – 35 м<sup>2</sup>. Культура – міскантус гігантський (*Miscanthus × giganteus* J.M. Greef & Deuter ex Hodk. & Renvoize), сорт Осінній зорецвіт. Садіння проведено навесні 2021 р. ризомами.



Фактор А – система удобрення: А<sub>1</sub> – контроль (без добрив); А<sub>2</sub> – органічна (Леонардит, 100 кг/га, щорічно по мерзлоталому ґрунту навесні); А<sub>3</sub> – мінеральна (N<sub>60</sub>P<sub>16</sub>K<sub>80</sub>, щорічно навесні). Фактор В – позакореневе підживлення гуматом калію (2 л/га): В<sub>1</sub> – без підживлення; В<sub>2</sub> – у фазу куціння; В<sub>3</sub> – у фазу виходу в трубку; В<sub>4</sub> – у обидві фази.

Відносний вміст хлорофілу визначали портативним хлорофілометром SPAD-502 Plus (Konica Minolta, Японія) на третьому зверху повністю розгорнутому листку у фазу максимального розвитку листового апарату (середнє з 30 вимірювань на ділянку). Параметри індукції флуоресценції хлорофілу (Fv/Fm та PI(abs)) визначали портативним флуориметром Handy PEA (Hansatech Instruments, Великобританія) після 20-хвилинної темної адаптації [10, 20]. Статистичний аналіз експериментальних даних було проведено за допомогою Excel з програмного забезпечення MS Office 365 та Statistica 10. Розраховували стандартне відхилення (SD), коефіцієнт варіації (V, %), найменшу істотну різницю (HIP<sub>0,05</sub>).

**Результати дослідження та обговорення. Вміст хлорофілу (SPAD).** Результати досліджень засвідчили стійку тенденцію до збільшення вмісту хлорофілу як з віком плантації, так і за покращення умов мінерального живлення (табл. 1). У 2021 р. значення SPAD варіювали від 34,2 ум. од. на контролі без підживлення до 44,3 ум. од. за мінеральної системи удобрення з дворазовим підживленням гуматом калію. До 2025 р. ці показники зросли до 42,5 та 55,0 ум. од. відповідно, що свідчить про поступове покращення пігментного комплексу рослин з віком плантації.

Найвищі середні значення SPAD (50,9 ум. од.) зафіксовано у варіанті А<sub>3</sub>В<sub>4</sub> (мінеральна система удобрення N<sub>60</sub>P<sub>16</sub>K<sub>80</sub> з дворазовим підживленням), що на 29,2% перевищувало контроль А<sub>1</sub>В<sub>1</sub> (39,4 ум. од.). Органічна система забезпечила проміжні значення: 43,2–47,6 ум. од. Дворазове підживлення гуматом калію збільшувало

SPAD на 8,5–10,2% порівняно з варіантами без підживлення (HIP<sub>0,05</sub> = 3,6 ум. од.), що свідчить про стимулювальний вплив гумінових речовин на біосинтез хлорофілу та узгоджується з результатами [6, 12].

**Максимальний квантовий вихід фотосистеми II (Fv/Fm).** Параметр Fv/Fm характеризує максимальну квантову ефективність фотохімічних реакцій у ФС II і є загальновизнаним індикатором функціонального стану фотосинтетичного апарату [7, 8]. Усі отримані значення (табл. 2) знаходилися в межах 0,756–0,820, що свідчить про задовільний функціональний стан ФС II у всіх варіантах дослідів.

Найвищі середні значення Fv/Fm (0,810) відмічено за органічної системи удобрення (Леонардит) з дворазовим підживленням (А<sub>2</sub>В<sub>4</sub>). На контролі без підживлення (А<sub>1</sub>В<sub>1</sub>) Fv/Fm становив 0,771. Характерно, що за органічної системи середнє по фактору А<sub>2</sub> (0,797) перевищувало мінеральну (А<sub>3</sub> = 0,790). Це може бути пов'язано з комплексним впливом гумінових кислот Леонардиту на стабільність мембран хлоропластів та антиоксидантний захист [13, 15]. На контрольних ділянках середнє Fv/Fm становило 0,782. Низький V (1,3%) свідчить про високу стабільність цього показника.

**Індекс продуктивності PI(abs).** На відміну від Fv/Fm, показник PI(abs) продемонстрував значно ширший діапазон варіювання (табл. 3), що підтверджує його вищу чутливість до зміни умов живлення [10, 11]. Середні значення PI(abs) становили від 2,59 відн. од. на контролі (А<sub>1</sub>В<sub>1</sub>) до 3,75 відн. од. за органічної системи з дворазовим підживленням (А<sub>2</sub>В<sub>4</sub>) – різниця 44,8%.

За органічної системи (Леонардит) PI(abs) був стабільно вищим (середнє по А<sub>2</sub> = 3,39), ніж за мінеральної (А<sub>3</sub> = 3,18), незважаючи на нижчу загальну врожайність. Це свідчить про специфічний вплив Леонардиту на реакційні центри ФС II [15, 21]. Динаміка PI(abs) по роках демонструвала стійке зростання від 1,82–2,63 відн. од. у 2021 р. до 3,04–4,41 відн. од. у 2025 р., відображаючи покращення фізіологічного стану з віком плантації.

Таблиця 1

**Відносний вміст хлорофілу (SPAD) у листках міскантусу гігантського залежно від системи удобрення та підживлення гуматами, ум. од. (2021–2025 рр.)**

| Фактор А                                        | Фактор В                | Роки досліджень |      |      |      |      | Серед. | ±SD | V, % |
|-------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|------|------|------|------|--------|-----|------|
|                                                 |                         | 2021            | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |        |     |      |
| Контроль (без добрив)                           | Без підживлення         | 34,2            | 37,8 | 40,5 | 41,8 | 42,5 | 39,4   | 3,4 | 8,6  |
|                                                 | Гумат калію, куціння    | 36,1            | 39,9 | 42,8 | 44,2 | 44,9 | 41,6   | 3,6 | 8,7  |
|                                                 | Гумат калію, вих. в тр. | 35,6            | 39,3 | 42,1 | 43,5 | 44,2 | 40,9   | 3,5 | 8,6  |
|                                                 | Гумат калію, обидві     | 37,8            | 41,7 | 44,7 | 46,1 | 46,9 | 43,4   | 3,7 | 8,6  |
| Леонардит, 100 кг/га                            | Без підживлення         | 37,5            | 41,4 | 44,4 | 45,9 | 46,6 | 43,2   | 3,7 | 8,7  |
|                                                 | Гумат калію, куціння    | 39,6            | 43,7 | 46,9 | 48,5 | 49,2 | 45,6   | 4,0 | 8,7  |
|                                                 | Гумат калію, вих. в тр. | 39,0            | 43,1 | 46,2 | 47,7 | 48,5 | 44,9   | 3,9 | 8,7  |
|                                                 | Гумат калію, обидві     | 41,4            | 45,7 | 49,0 | 50,6 | 51,4 | 47,6   | 4,1 | 8,6  |
| N <sub>60</sub> P <sub>16</sub> K <sub>80</sub> | Без підживлення         | 40,1            | 44,3 | 47,5 | 49,1 | 49,9 | 46,2   | 4,0 | 8,7  |
|                                                 | Гумат калію, куціння    | 42,4            | 46,8 | 50,2 | 51,8 | 52,7 | 48,8   | 4,2 | 8,6  |
|                                                 | Гумат калію, вих. в тр. | 41,7            | 46,1 | 49,4 | 51,0 | 51,9 | 48,0   | 4,2 | 8,7  |
|                                                 | Гумат калію, обидві     | 44,3            | 48,9 | 52,4 | 54,1 | 55,0 | 50,9   | 4,4 | 8,6  |
| HIP <sub>0,05</sub> А                           |                         | 2,6             |      |      |      |      | –      | –   | –    |
| HIP <sub>0,05</sub> В                           |                         | 3,6             |      |      |      |      | –      | –   | –    |

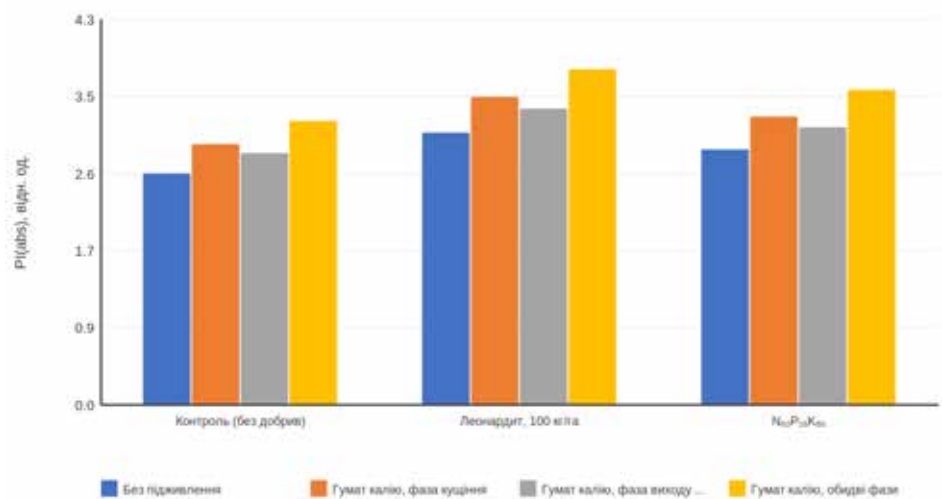


Рис. 1. Відносний вміст хлорофілу (SPAD) у листках міскантусу гігантського залежно від системи удобрення та підживлення гуматами (середнє за 2021–2025 рр.)

Максимальний квантовий вихід фотосистеми II (Fv/Fm) міскантусу гігантського залежно від системи удобрення та підживлення гуматами (2021–2025 рр.)

Таблиця 2

| Фактор А                                        | Фактор В                | Роки досліджень |       |       |       |       | Серед. | ±SD   | V,% |
|-------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-----|
|                                                 |                         | 2021            | 2022  | 2023  | 2024  | 2025  |        |       |     |
| Контроль (без добрив)                           | Без підживлення         | 0,756           | 0,768 | 0,774 | 0,778 | 0,780 | 0,771  | 0,010 | 1,3 |
|                                                 | Гумат калію, кущіння    | 0,768           | 0,780 | 0,786 | 0,790 | 0,793 | 0,783  | 0,010 | 1,3 |
|                                                 | Гумат калію, вих. в тр. | 0,763           | 0,775 | 0,781 | 0,785 | 0,788 | 0,778  | 0,010 | 1,3 |
|                                                 | Гумат калію, обидві     | 0,779           | 0,791 | 0,798 | 0,802 | 0,805 | 0,795  | 0,010 | 1,3 |
| Леонардит, 100 кг/га                            | Без підживлення         | 0,771           | 0,783 | 0,789 | 0,793 | 0,796 | 0,786  | 0,010 | 1,3 |
|                                                 | Гумат калію, кущіння    | 0,783           | 0,795 | 0,802 | 0,806 | 0,809 | 0,799  | 0,010 | 1,3 |
|                                                 | Гумат калію, вих. в тр. | 0,778           | 0,790 | 0,797 | 0,801 | 0,804 | 0,794  | 0,010 | 1,3 |
|                                                 | Гумат калію, обидві     | 0,794           | 0,806 | 0,813 | 0,817 | 0,820 | 0,810  | 0,010 | 1,3 |
| N <sub>60</sub> P <sub>16</sub> K <sub>60</sub> | Без підживлення         | 0,764           | 0,776 | 0,782 | 0,786 | 0,789 | 0,779  | 0,010 | 1,3 |
|                                                 | Гумат калію, кущіння    | 0,776           | 0,788 | 0,795 | 0,799 | 0,802 | 0,792  | 0,010 | 1,3 |
|                                                 | Гумат калію, вих. в тр. | 0,771           | 0,783 | 0,790 | 0,794 | 0,797 | 0,787  | 0,010 | 1,3 |
|                                                 | Гумат калію, обидві     | 0,787           | 0,799 | 0,806 | 0,810 | 0,813 | 0,803  | 0,010 | 1,3 |
| HIP <sub>0,05</sub> А                           |                         | 0,008           |       |       |       |       | –      | –     | –   |
| HIP <sub>0,05</sub> В                           |                         | 0,009           |       |       |       |       | –      | –     | –   |

Порівняльний аналіз трьох досліджених параметрів дозволив встановити важливу закономірність: показники SPAD та PI(abs) є значно чутливішими індикаторами впливу удобрення порівняно з Fv/Fm. Коефіцієнт варіації між варіантами для SPAD становив 8,6–8,7%, для PI(abs) – 19,5–19,7%, тоді як для Fv/Fm – лише 1,3%. Це підтверджує рекомендації Baker [8] та Stirbet et al. [22] щодо переваги використання PI(abs) як діагностичного показника стресу рослин.

Встановлений специфічний ефект Леонардиту (вищі значення Fv/Fm та PI(abs) порівняно з мінеральною системою при нижчих показниках SPAD) свідчить про те, що гумінові кислоти впливають не стільки на кількість

хлорофілу, скільки на ефективність функціонування фотосинтетичного апарату. Подібне явище описували Aguiar et al. [23] для кукурудзи та Shah et al. [24] для пшениці.

**Висновки.** Вміст хлорофілу (SPAD) зростав від 34,2–44,3 ум. од. (2021 р.) до 42,5–55,0 ум. од. (2025 р.). Мінеральна система удобрення N<sub>60</sub>P<sub>16</sub>K<sub>60</sub> забезпечувала найвищі показники (50,9 ум. од. за дворазового підживлення), перевищуючи контроль на 29,2%. Дворазове підживлення гуматом калію додатково збільшувало SPAD на 8,5–10,2%.

Значення Fv/Fm (0,756–0,820) свідчили про задовільний функціональний стан ФС II у всіх варіантах.

Таблиця 3

Індекс продуктивності PI(abs) за даними ОЖР-тесту міскантусу гігантського (2021–2025 рр.)

| Фактор А                                        | Фактор В                | Роки досліджень |      |      |      |      | Серед. | ±SD  | V, % |
|-------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|------|------|------|------|--------|------|------|
|                                                 |                         | 2021            | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |        |      |      |
| Контроль (без добрив)                           | Без підживлення         | 1,82            | 2,34 | 2,78 | 2,95 | 3,04 | 2,59   | 0,51 | 19,6 |
|                                                 | Гумат калію, кущіння    | 2,05            | 2,64 | 3,14 | 3,33 | 3,43 | 2,92   | 0,57 | 19,6 |
|                                                 | Гумат калію, вих. в тр. | 1,98            | 2,55 | 3,03 | 3,21 | 3,31 | 2,82   | 0,55 | 19,6 |
|                                                 | Гумат калію, обидві     | 2,24            | 2,88 | 3,42 | 3,63 | 3,74 | 3,18   | 0,62 | 19,5 |
| Леонардит, 100 кг/га                            | Без підживлення         | 2,14            | 2,76 | 3,28 | 3,48 | 3,58 | 3,05   | 0,60 | 19,6 |
|                                                 | Гумат калію, кущіння    | 2,41            | 3,11 | 3,70 | 3,92 | 4,04 | 3,44   | 0,68 | 19,7 |
|                                                 | Гумат калію, вих. в тр. | 2,33            | 3,01 | 3,57 | 3,79 | 3,90 | 3,32   | 0,65 | 19,6 |
|                                                 | Гумат калію, обидві     | 2,63            | 3,39 | 4,03 | 4,28 | 4,41 | 3,75   | 0,74 | 19,7 |
| N <sub>60</sub> P <sub>16</sub> K <sub>80</sub> | Без підживлення         | 2,01            | 2,59 | 3,07 | 3,26 | 3,36 | 2,86   | 0,56 | 19,6 |
|                                                 | Гумат калію, кущіння    | 2,27            | 2,92 | 3,47 | 3,68 | 3,79 | 3,23   | 0,63 | 19,6 |
|                                                 | Гумат калію, вих. в тр. | 2,19            | 2,82 | 3,35 | 3,55 | 3,66 | 3,11   | 0,61 | 19,6 |
|                                                 | Гумат калію, обидві     | 2,48            | 3,18 | 3,78 | 4,01 | 4,13 | 3,52   | 0,69 | 19,5 |
| H <sub>1</sub> P <sub>0,05</sub> A              |                         | 0,40            |      |      |      |      | –      | –    | –    |
| H <sub>1</sub> P <sub>0,05</sub> B              |                         | 0,46            |      |      |      |      | –      | –    | –    |

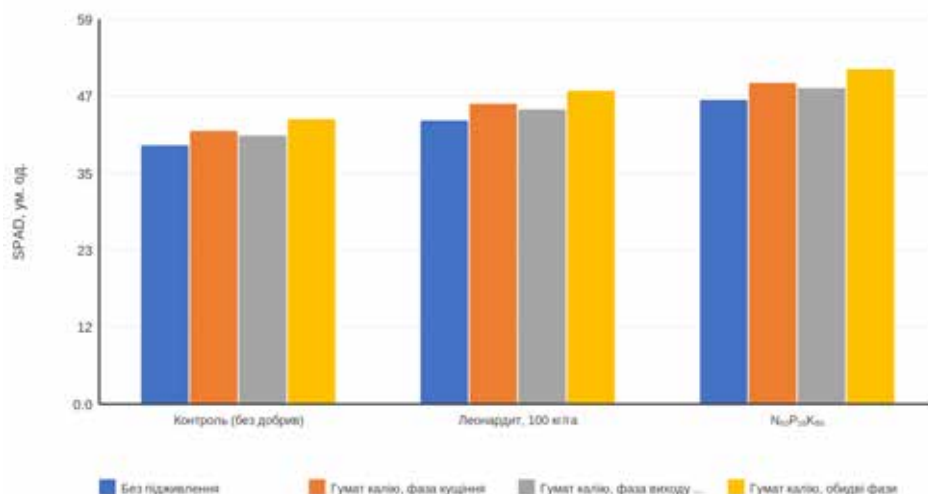


Рис. 2. Індекс продуктивності PI(abs) міскантусу гігантського залежно від системи удобрення та підживлення гуматами (середнє за 2021–2025 рр.)

Органічна система (Леонардит) забезпечувала вищі показники ( $A_2 = 0,797$ ), ніж мінеральна ( $A_3 = 0,790$ ), що пов'язано з комплексним впливом гумінових кислот на стабільність хлоропластів.

Індекс PI(abs) (2,59–3,75 відн. од.) виявився значно чутливішим індикатором, ніж Fv/Fm. За органічної системи з дворазовим підживленням PI(abs) був на 44,8% вищим, ніж на контролі. Леонардит здійснює специфічний позитивний вплив на реакційні центри ФС II, підвищуючи їх функціональну активність.

Перспективи подальших досліджень полягають у встановленні кореляційних залежностей між параметрами флуоресценції хлорофілу та врожайністю біомаси міскантусу, а також у вивченні впливу досліджуваних факторів на енергетичну цінність біомаси.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Lewandowski I., Clifton-Brown J.C., Scurlock J.M.O., Huisman W. Miscanthus: European experience with a novel energy crop. *Biomass and Bioenergy*. 2000. Vol. 19, No. 4. P. 209–227. DOI: 10.1016/S0961-9534(00)00032-5.
- Sage R.F., Zhu X.-G. Exploiting the engine of C4 photosynthesis. *Journal of Experimental Botany*. 2011. Vol. 62, No. 9. P. 2989–3000. DOI: 10.1093/jxb/err179.
- Kalaji H.M., Schansker G., Ladle R.J. et al. Frequently asked questions about in vivo chlorophyll fluorescence: practical issues. *Photosynthesis Research*. 2014. Vol. 122, No. 2. P. 121–158. DOI: 10.1007/s11120-014-0024-6.
- Markwell J., Osterman J.C., Mitchell J.L. Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter.

- Photosynthesis Research. 1995. Vol. 46. P. 467–472. DOI: 10.1007/BF00032301.
5. Xiong D., Chen J., Yu T. et al. SPAD-based leaf nitrogen estimation is impacted by environmental factors and crop leaf characteristics. *Scientific Reports*. 2015. Vol. 5. Article 13389. DOI: 10.1038/srep13389.
  6. Cadoux S., Riche A.B., Yates N.E., Machet J.-M. Nutrient requirements of *Miscanthus × giganteus*: conclusions from a review of published studies. *Biomass and Bioenergy*. 2012. Vol. 38. P. 14–22. DOI: 10.1016/j.biombioe.2011.01.015.
  7. Maxwell K., Johnson G.N. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *Journal of Experimental Botany*. 2000. Vol. 51, No. 345. P. 659–668. DOI: 10.1093/jexbot/51.345.659.
  8. Baker N.R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. *Annual Review of Plant Biology*. 2008. Vol. 59. P. 89–113. DOI: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092759.
  9. Björkman O., Demmig B. Photon yield of  $O_2$  evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. *Planta*. 1987. Vol. 170. P. 489–504. DOI: 10.1007/BF00402983.
  10. Strasser R.J., Tsimilli-Michael M., Srivastava A. Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient. In: Papageorgiou G.C., Govindjee (Eds.) *Chlorophyll a Fluorescence*. Springer, Dordrecht, 2004. P. 321–362. DOI: 10.1007/978-1-4020-3218-9\_12.
  11. Stirbet A., Lazár D., Kromdijk J., Govindjee. Chlorophyll a fluorescence induction: Can just a one-second measurement be used to quantify abiotic stress responses? *Photosynthetica*. 2018. Vol. 56. P. 86–104. DOI: 10.1007/s11099-018-0770-3.
  12. Canellas L.P., Olivares F.L., Aguiar N.O. et al. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*. 2015. Vol. 196. P. 15–27. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.09.013.
  13. Nardi S., Pizzeghello D., Muscolo A., Vianello A. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*. 2002. Vol. 34, No. 11. P. 1527–1536. DOI: 10.1016/S0038-0717(02)00174-8.
  14. Rose M.T., Patti A.F., Little K.R. et al. A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances. *Advances in Agronomy*. 2014. Vol. 124. P. 37–89. DOI: 10.1016/B978-0-12-800138-7.00002-4.
  15. Jannin L., Arkoun M., Ourry A. et al. Microarray analysis of humic acid effects on *Brassica napus* growth: involvement of N, C and S metabolisms. *Plant and Soil*. 2012. Vol. 359. P. 297–319. DOI: 10.1007/s11104-012-1191-x.
  16. Trevisan S., Francioso O., Quaggiotti S., Nardi S. Humic substances biological activity at the plant-soil interface. *Plant Signaling & Behavior*. 2010. Vol. 5, No. 6. P. 635–643. DOI: 10.4161/psb.5.6.11211.
  17. Eyheraguibel B., Silvestre J., Morard P. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. *Bioresource Technology*. 2008. Vol. 99, No. 10. P. 4206–4212. DOI: 10.1016/j.biortech.2007.08.082.
  18. Рахметов Д.Б. Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин в Україні. Київ : Аграр Медіа Груп, 2011. 398 с.
  19. Пономаренко С.П. Регулятори росту рослин на основі N-оксидів похідних піридину. Київ : Техніка, 1999. 272 с.
  20. Tsimilli-Michael M., Strasser R.J. In vivo assessment of stress impact on plant's vitality: applications in detecting and evaluating the beneficial role of mycorrhization on host plants. In: Varma A. (Ed.) *Mycorrhiza*. Springer, Berlin, 2008. P. 679–703. DOI: 10.1007/978-3-540-78826-3\_32.
  21. Zub H.W., Brancourt-Hulmel M. Agronomic and physiological performances of different species of *Miscanthus*, a major energy crop. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2010. Vol. 30, No. 2. P. 201–214. DOI: 10.1051/agro/2009034.
  22. Stirbet A., Govindjee. On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll a fluorescence induction) and Photosystem II. *Biophysical Reviews*. 2012. Vol. 4. P. 187–210. DOI: 10.1007/s12551-012-0065-8.
  23. Aguiar N.O., Medici L.O., Olivares F.L. et al. Metabolic profile and antioxidant responses during drought stress recovery in sugarcane treated with humic acids and endophytic diazotrophic bacteria. *Annals of Applied Biology*. 2016. Vol. 168. P. 203–213. DOI: 10.1111/aab.12256.
  24. Shah Z.H., Rehman H.M., Akhtar T. et al. Humic substances: determining potential molecular regulatory processes in plants. *Frontiers in Plant Science*. 2018. Vol. 9. Article 263. DOI: 10.3389/fpls.2018.00263.

#### REFERENCES:

1. Lewandowski, I., Clifton-Brown, J.C., Scurlock, J.M.O., Huisman, W. (2000). *Miscanthus*: European experience with a novel energy crop. *Biomass and Bioenergy*, vol. 19(4), pp. 209–227. DOI: 10.1016/S0961-9534(00)00032-5.
2. Sage, R.F., Zhu, X.-G. (2011). Exploiting the engine of C4 photosynthesis. *Journal of Experimental Botany*, vol. 62(9), pp. 2989–3000. DOI: 10.1093/jxb/err179.
3. Kalaji, H.M. et al. (2014). Frequently asked questions about in vivo chlorophyll fluorescence: practical issues. *Photosynthesis Research*, vol. 122(2), pp. 121–158. DOI: 10.1007/s11120-014-0024-6.
4. Markwell, J., Osterman, J.C., Mitchell, J.L. (1995). Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. *Photosynthesis Research*, vol. 46, pp. 467–472. DOI: 10.1007/BF00032301.
5. Xiong, D. et al. (2015). SPAD-based leaf nitrogen estimation is impacted by environmental factors and crop leaf characteristics. *Scientific Reports*, vol. 5, article 13389. DOI: 10.1038/srep13389.
6. Cadoux, S., Riche, A.B., Yates, N.E., Machet, J.-M. (2012). Nutrient requirements of *Miscanthus × giganteus*. *Biomass and Bioenergy*, vol. 38, pp. 14–22. DOI: 10.1016/j.biombioe.2011.01.015.
7. Maxwell, K., Johnson, G.N. (2000). Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, vol. 51(345), pp. 659–668. DOI: 10.1093/jexbot/51.345.659.
8. Baker, N.R. (2008). Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. *Annual Review of Plant Biology*, vol. 59, pp. 89–113. DOI: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092759.
9. Björkman, O., Demmig, B. (1987). Photon yield of  $O_2$  evolution and chlorophyll fluorescence. *Planta*, vol. 170, pp. 489–504. DOI: 10.1007/BF00402983.

10. Strasser, R.J., Tsimilli-Michael, M., Srivastava, A. (2004). Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient. In: *Chlorophyll a Fluorescence*. Springer, pp. 321–362. DOI: 10.1007/978-1-4020-3218-9\_12.
11. Stirbet, A., Lazár, D., Kromdijk, J., Govindjee (2018). Chlorophyll a fluorescence induction. *Photosynthetica*, vol. 56, pp. 86–104. DOI: 10.1007/s11099-018-0770-3.
12. Canellas, L.P. et al. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, vol. 196, pp. 15–27. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.09.013.
13. Nardi, S. et al. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 34(11), pp. 1527–1536. DOI: 10.1016/S0038-0717(02)00174-8.
14. Rose, M.T. et al. (2014). A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances. *Advances in Agronomy*, vol. 124, pp. 37–89. DOI: 10.1016/B978-0-12-800138-7.00002-4.
15. Jannin, L. et al. (2012). Microarray analysis of humic acid effects on *Brassica napus* growth. *Plant and Soil*, vol. 359, pp. 297–319. DOI: 10.1007/s11104-012-1191-x.
16. Trevisan, S. et al. (2010). Humic substances biological activity at the plant-soil interface. *Plant Signaling & Behavior*, vol. 5(6), pp. 635–643. DOI: 10.4161/psb.5.6.11211.
17. Eyheraguibel, B., Silvestre, J., Morard, P. (2008). Effects of humic substances derived from organic waste. *Bioresource Technology*, vol. 99(10), pp. 4206–4212. DOI: 10.1016/j.biortech.2007.08.082.
18. Rakhmetov D.B. (2011). *Teoretychni ta prykladni aspekty introdukcii roslyn v Ukraini*. Kyiv: Ahrar Media Hrup, 398 s. [in Ukrainian].
19. Ponomarenko S.P. (1999). *Rehuliatory rostu roslyn na osnovi N-oksydiv pokhidnykh prydynu*. Kyiv: Tekhnika, 272 s. [in Ukrainian].
20. Tsimilli-Michael, M., Strasser, R.J. (2008). In vivo assessment of stress impact on plant's vitality. In: *Mycorrhiza*. Springer, pp. 679–703. DOI: 10.1007/978-3-540-78826-3\_32.
21. Zub, H.W., Brancourt-Hulmel, M. (2010). Agronomic and physiological performances of different species of *Miscanthus*. *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 30(2), pp. 201–214. DOI: 10.1051/agro/2009034.
22. Stirbet, A., Govindjee (2012). On the relation between the Kautsky effect and Photosystem II. *Biophysical Reviews*, vol. 4, pp. 187–210. DOI: 10.1007/s12551-012-0065-8.
23. Aguiar, N.O. et al. (2016). Metabolic profile and antioxidant responses during drought stress recovery in sugarcane. *Annals of Applied Biology*, vol. 168, pp. 203–213. DOI: 10.1111/aab.12256.
24. Shah, Z.H. et al. (2018). Humic substances: determining potential molecular regulatory processes in plants. *Frontiers in Plant Science*, vol. 9, article 263. DOI: 10.3389/fpls.2018.00263.

**Носенко В.Г. Функціональний стан фотосинтетичного апарату міскантусу гігантського за різних систем удобрення та підживлення гуматом калію**

У статті наведено результати п'ятирічних досліджень (2021–2025 рр.) функціонального стану фотосинтетичного апарату міскантусу гігантського (*Miscanthus × giganteus*) сорту Осінній зорецьвіт, вирощуваного в умовах Лісостепу України. Дослідження проводили у ВП

НУБІП України «Великоснітинське ім. О.В. Музиченка» Фастівського району Київської області на чорноземі опідзоленому сильнозмитому легкосуглинковому. Схема двофакторного повнофакторного дослідження передбачала вивчення трьох систем удобрення: без добрив (контроль), органічної із внесенням Леонардиту в нормі 100 кг/га та мінеральної із застосуванням  $N_{60}P_{16}K_{80}$ , а також чотирьох режимів позакореневого підживлення гуматом калію: без обробки, у фазу кушіння, у фазу виходу в трубку та дворазово в обидві фази по 2 л/га. Функціональний стан фотосинтетичного апарату оцінювали за показниками відносного вмісту хлорофілу (SPAD-502, Konica Minolta), максимального квантового виходу фотосистеми II (Fv/Fm) та індексу продуктивності PI(abs), визначеного за даними OJIP-тесту. Встановлено, що вміст хлорофілу в листках міскантусу зростає упродовж років досліджень від 34,2–44,3 ум. од. у 2021 р. до 42,5–55,0 ум. од. у 2025 р. Найвищі значення SPAD формувалися за мінеральної системи удобрення – у середньому 46,2–50,9 ум. од., що перевищувало контроль на 17,3–19,7%. Дворазове позакореневе підживлення гуматом калію забезпечувало додаткове зростання SPAD на 8,5–10,2%. Значення Fv/Fm у межах 0,756–0,820 свідчили про задовільний фізіологічний стан рослин і відсутність вираженого фотоінгібування, тоді як органічна система удобрення на основі Леонардиту забезпечувала дещо вищі середні значення цього показника (0,797) порівняно з мінеральною системою (0,790). Індекс PI(abs) виявився чутливішим інтегральним індикатором функціонування фотосистеми II: його значення варіювали від 2,59 до 3,75 відн. од., а за органічної системи удобрення у поєднанні з дворазовим підживленням гуматом калію перевищували контроль на 44,8%. Отримані результати підтверджують специфічний позитивний вплив гумінових кислот Леонардиту на активність реакційних центрів фотосистеми II та доцільність поєднання ґрунтового удобрення з позакореневими обробками для підвищення фотосинтетичної активності й адаптивного потенціалу міскантусу як перспективної біоенергетичної культури.

**Ключові слова:** міскантус гігантський, хлорофіл, SPAD, флуоресценція хлорофілу, Fv/Fm, OJIP-тест, PI(abs), фотосистема II, гумат калію, Леонардит, система удобрення, біоенергетичні культури.

**Nosenko V.G. Functional state of the photosynthetic apparatus of *Miscanthus × giganteus* under different fertilization systems and potassium humate foliar application**

The article presents the results of a five-year study (2021–2025) on the functional state of the photosynthetic apparatus of *Miscanthus × giganteus* cv. Osinnii Zoretsvit grown in the Forest-Steppe of Ukraine. The experiment was conducted at the educational farm of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine in the Fastiv district of Kyiv region on podzolized chernozem. A two-factor design included three fertilization systems (control, Leonardite 100 kg/ha, and  $N_{60}P_{16}K_{80}$ ) and four foliar application regimes of potassium humate. Plant response was assessed using a SPAD-502 chlorophyll meter, maximum quantum yield of photosystem II (Fv/Fm), and the performance index PI(abs) from the OJIP chlorophyll fluorescence test. Chlorophyll content increased from 34.2–44.3 SPAD units in 2021 to 42.5–55.0 units in 2025. The mineral fertilization system provided the highest SPAD values, reaching 50.9 units under double foliar application

and exceeding the control by 29.2%. Potassium humate additionally increased SPAD by 8.5–10.2%. The Fv/Fm values ranged from 0.756 to 0.820, indicating a generally satisfactory condition of photosystem II. The organic system with Leonardite produced slightly higher mean Fv/Fm values (0.797) than the mineral system (0.790), which may reflect the stabilizing effect of humic substances on chloroplast membranes. PI(abs) proved to be the most sensitive indicator, varying from 2.59 to 3.75 relative units. Under the organic system combined with double foliar application,

PI(abs) exceeded the control by 44.8%, confirming a marked positive effect of Leonardite humic acids on PSII reaction centres. The results confirm the effectiveness of combining soil fertilization and foliar biostimulant treatment to improve the photosynthetic activity and adaptive potential of miscanthus as a bioenergy crop.

**Key words:** *Miscanthus* × *giganteus*, chlorophyll, SPAD, chlorophyll fluorescence, Fv/Fm, OJIP test, PI(abs), photosystem II, potassium humate, Leonardite, fertilization system, bioenergy crops

Дата першого надходження статті до видання: 02.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026



## ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ТА ВРОЖАЙНОСТІ ПЛОДІВ ВИШНІ ЗА ВПЛИВУ АБІОТИЧНИХ ЧИННИКІВ У ПІВДЕННОМУ СТЕПУ УКРАЇНИ

ПЕНДРАК Я.І. – аспірант

[orcid.org/0009-0006-9281-7545](https://orcid.org/0009-0006-9281-7545)

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

**Постановка проблеми.** Формування якості та врожайності плодів вишні в умовах Південного Степу України набуває особливої актуальності в контексті глобальних кліматичних змін, які супроводжуються суттєвою трансформацією гідротермічного режиму агроландшафтів. Упродовж останніх десятиліть у регіоні простежується стійка тенденція до підвищення середньорічної температури повітря на 1,0–2,5 °C (або 5–15 %), а також значна варіабельність опадів, що коливається в межах від –40 % до +50 % від середньобагаторічної норми. Одночасно зростає частота екстремальних погодних явищ, зокрема весняних приморозків у період цвітіння, літніх посух та різких змін вологості під час формування і дозрівання плодів. Сукупна дія цих факторів призводить до порушення водного режиму рослин, дестабілізації процесів фотосинтезу та асиміляції, що в кінцевому підсумку обмежує реалізацію генетичного потенціалу продуктивності культури [1].

Вишня (*Prunus cerasus* L.) посідає важливе місце у структурі садівництва України, оскільки характеризується високою адаптивністю до умов недостатнього зволоження, відносно посухостійкістю та скороплідністю. Плоди цієї культури є цінним джерелом біологічно активних речовин – вітаміну С, поліфенольних сполук, антоціанів, органічних кислот і цукрів, що визначає їх значення як для свіжого споживання, так і для переробної промисловості. Водночас у сучасних умовах виробництва спостерігається тенденція до зниження якості плодів, що проявляється у зменшенні вмісту сухих розчинних речовин на 10–20 %, вітаміну С – на 15–30 %, а також у зростанні частки нестандартної продукції на 20–40 % унаслідок розтріскування плодів під впливом нерівномірного зволоження. Такі зміни істотно знижують товарну цінність продукції та економічну ефективність галузі [2].

Формування врожайності та якісних показників плодів вишні є складним багатфакторним процесом, який визначається взаємодією генотипу сорту та комплексу абіотичних чинників. При цьому встановлено, що частка впливу генотипу на формування окремих біохімічних показників, зокрема поліфенольних речовин, може становити понад 40 %, тоді як погодні умови зумовлюють до 30–35 % варіації ознак. Водночас для таких показників, як вміст вітаміну С, домінуючим є вплив температурного режиму та вологозабезпечення, що може перевищувати

60–70 %. Така диференціація факторів впливу свідчить про необхідність комплексного підходу до дослідження процесів формування якості плодів із урахуванням як генетичних, так і екологічних компонентів [3].

Особливої складності дослідженню надає наявність мультиколінеарності між погодними факторами, тобто їхньої тісної взаємозалежності. Наприклад, температура повітря, сума активних температур, тривалість теплового періоду та гідротермічний коефіцієнт часто змінюються синхронно, що ускладнює виділення окремого впливу кожного показника на формування врожайності та якості продукції. Використання традиційних статистичних методів у таких умовах може призводити до отримання зміщених або нестабільних оцінок, що знижує точність прогнозування.

Крім того, недостатньо вивченими залишаються особливості реакції різних сортів вишні на дію абіотичних чинників у критичні періоди органогенезу. Зокрема, вплив погодних умов у фазі цвітіння визначає рівень запилення і формування зав'язі, тоді як умови періоду росту плодів безпосередньо впливають на накопичення біохімічних компонентів. Встановлено, що несприятливі умови у ці періоди можуть знижувати врожайність на 20–40 %, а якість плодів – на 15–30 %, що потребує детального аналізу та прогнозування.

У сучасних умовах особливого значення набуває застосування інноваційних підходів до аналізу та прогнозування агробіологічних процесів, зокрема використання методів математичної статистики та машинного навчання. Застосування методів регуляризації, таких як LASSO та ridge-регресія, дозволяє ефективно вирішувати проблему мультиколінеарності, виділяти найбільш значущі фактори та підвищувати точність прогнозних моделей до 75–85 %. Це створює передумови для розробки адаптивних технологій вирощування та оптимізації сортового складу насаджень залежно від конкретних гідротермічних умов.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю поглибленого вивчення закономірностей формування врожайності та якості плодів вишні в умовах Південного Степу України, встановлення ролі абіотичних чинників у цих процесах та розробки науково обґрунтованих методів прогнозування і управління продуктивністю культури. Вирішення цієї проблеми має важливе теоретичне і практичне значення, оскільки сприятиме підвищенню стабільності виробництва, покращенню якості





продукції та зростанню економічної ефективності садівництва в умовах кліматичних змін.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У сучасних умовах трансформації клімату значна кількість досліджень присвячена вивченню впливу абіотичних чинників на формування врожайності та якості плодів кісточкових культур, зокрема вишні. Більшість науковців відзначають визначальну роль погодних умов у регуляції фізіолого-біохімічних процесів у рослинах та реалізації їх генетичного потенціалу [1–3].

За результатами досліджень встановлено, що врожайність вишні значною мірою залежить від комплексу гідротермічних факторів, серед яких ключовими є температура повітря, сума активних температур, кількість опадів і тривалість вегетаційного періоду. Побудовані регресійні моделі дозволяють прогнозувати рівень урожайності залежно від дії стресових факторів, що підтверджує високу чутливість культури до кліматичних умов [1, 4].

Подібні результати отримані в роботах, де доведено, що погодні фактори формують значну частку варіації врожайності вишні, а їх вплив може бути як стимулюючим, так і лімітуючим залежно від фази розвитку рослин. Зокрема, несприятливі умови під час цвітіння та формування зав'язі можуть призводити до зниження врожаю на 20–40 % [2, 5].

Значна увага приділяється дослідженню біохімічного складу плодів. Встановлено, що вміст поліфенольних речовин формується під впливом як генотипу, так і погодних умов, причому частка впливу сорту становить близько 40–45 %, а погодних факторів – понад 30 %. Виявлено середні та сильні кореляційні зв'язки між гідротермічними показниками та накопиченням біологічно активних речовин [3, 5].

У дослідженнях, присвячених накопиченню сухих розчинних речовин і вітаміну С, встановлено домінуючу роль погодних умов, частка впливу яких може досягати 60–75 % залежно від сортових особливостей та умов року [6, 7]. При цьому температурний режим і водозабезпечення визначають інтенсивність метаболічних процесів і накопичення антиоксидантів у плодах.

Окремий напрям досліджень пов'язаний із застосуванням сучасних методів математичного моделювання. Використання методів регуляризації, зокрема LASSO та ridge-регресії, дозволяє виділити найбільш значущі фактори та підвищити точність прогнозування врожайності і якості продукції до 75–85 % [8, 9].

Разом із тим встановлено, що якість плодів вишні, зокрема вміст поліфенолів і антиоксидантна активність, істотно залежить від погодних умов року вирощування і може змінюватися на 30–40 %, що підтверджує високу чутливість культури до гідротермічних стресів [7–9].

Незважаючи на значний обсяг наукових досліджень, проблема комплексної оцінки впливу абіотичних чинників на формування врожайності та якості плодів вишні залишається недостатньо вирішеною. Більшість робіт розглядає окремі фактори, тоді як їх взаємодія має системний характер. Це зумовлює необхідність подальших досліджень із використанням сучасних математичних підходів.

**Мета.** Метою дослідження є наукове обґрунтування закономірностей формування врожайності та якісних показників плодів вишні в умовах Південного Степу України залежно від дії абіотичних чинників та генотипових особливостей сортів, а також розробка й апробація математичних моделей прогнозування продуктивності та біохімічного складу плодів.

**Матеріали та методи досліджень.** Дослідження проводили у 2023–2025 рр. в умовах Південного Степу України на дослідних насадженнях вишні, розміщених у зоні недостатнього зволоження з типовими для регіону чорноземами звичайними. Клімат території характеризується підвищеним температурним режимом, значною варіабельністю опадів і частими проявами абіотичних стресів, що створює об'єктивні умови для оцінювання адаптивності культури та формування якісних показників продукції.

Об'єктом дослідження були процеси формування врожайності та накопичення біологічно активних речовин (сухих розчинних речовин, вітаміну С, поліфенольних сполук) у плодах вишні залежно від дії абіотичних чинників. Предметом дослідження виступали сортові особливості культури, показники гідротермічного режиму (температура повітря, сума активних температур, кількість опадів, відносна вологість повітря) та їх взаємозв'язок із продуктивністю і якістю плодів.

Польові дослідження виконували згідно з загальноприйнятими методиками садівництва. Облік урожайності проводили суцільним методом подеревно з наступним перерахунком на 1 га, що забезпечує високу точність оцінки продуктивності. Фенологічні спостереження здійснювали за основними фазами розвитку рослин (цвітіння, формування зав'язі, ріст і дозрівання плодів) відповідно до методичних рекомендацій [10].

Відбір проб плодів для лабораторних досліджень проводили у фазі споживчої стиглості шляхом формування середньої вибірки. Вміст сухих розчинних речовин визначали рефрактометричним методом за допомогою лабораторного рефрактометра, що є стандартним підходом для оцінки якості плодів. Концентрацію аскорбінової кислоти визначали титриметричним методом із використанням 2,6-дихлорфеноліндофенолу. Вміст поліфенольних речовин визначали колориметричним методом за Фоліном–Чокальтеу, який широко застосовується для оцінки антиоксидантного потенціалу рослинної сировини [11–15].

Метеорологічні дані (температура повітря, кількість опадів, відносна вологість) отримували з даних найближчої Запорізької метеостанції. На їх основі розраховували суму активних температур ( $>10^{\circ}\text{C}$ ) та гідротермічний коефіцієнт, які є інтегральними показниками оцінки умов вегетаційного періоду.

Статистичну обробку результатів досліджень здійснювали із застосуванням дисперсійного аналізу (ANOVA) для визначення частки впливу факторів «сорт» і «рік», а також кореляційного аналізу для встановлення тісноти зв'язків між показниками [5, 16]. Оцінку достовірності результатів проводили за критерієм Фішера та коефіцієнтом варіації.

Для моделювання впливу абіотичних чинників на

врожайність і якість плодів використовували сучасні методи регресійного аналізу. Зокрема, ridge-регресію застосовували для стабілізації оцінок параметрів за наявності мультиколінеарності факторів [12, 16]. Метод LASSO (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator) використовували для відбору найбільш значущих змінних та побудови компактних прогнозних моделей, що забезпечують високу точність ( $R^2$  до 0,80–0,85).

Усі розрахунки та побудову моделей здійснювали з використанням статистичного програмного забезпечення R-Studio, що дозволяє виконувати комплексний аналіз даних і візуалізацію результатів.

**Результати та обговорення.** Аналіз метеорологічних умов у роки досліджень (2023–2025 рр.) свідчить про їх значну варіабельність, що безпосередньо впливало на формування врожайності та якісних показників плодів вишні. Встановлено підвищення температурного режиму на 1,0–2,6 °C (або 5–15 %) та коливання кількості опадів у межах від –40 % до +50 % від середньобаторичної норми, що зумовило різну інтенсивність фізіолого-біохімічних процесів у рослинах.

Зокрема, 2023 рік характеризувався відносно сприятливими гідротермічними умовами з оптимальним поєднанням тепла і вологи, що забезпечило активне проходження фаз цвітіння, формування зав'язі та наливу плодів. У цей період спостерігалася достатня кількість продуктивної вологи в ґрунті та помірний температурний режим, що сприяло підвищенню фотосинтетичної активності рослин і, як наслідок, формуванню максимального рівня врожайності та накопиченню біологічно активних речовин у плодах.

Натомість 2024 рік відзначався підвищеним температурним фоном у поєднанні з нерівномірним розподілом опадів, що спричинило періодичні прояви водного стресу у рослин. У критичні фази розвитку, зокрема під час цвітіння та формування зав'язі, спостерігався дефіцит вологи, що призвело до часткового опадання квіток і зав'язі та, відповідно, зниження врожайності на 5–10 % порівняно зі сприятливим роком. Одночасно підвищені температури стимулювали інтенсивність метаболічних процесів, що частково компенсувало негативний вплив посушливих умов на якісні показники плодів.

Найбільш несприятливими умовами характеризувався 2025 рік, який відзначався тривалими посушливими періодами та високими температурами повітря, особливо у фазі росту та дозрівання плодів. Дефіцит вологи в ґрунті та підвищена випаровуваність призвели до пригнічення ростових процесів, зменшення асиміляційної поверхні листового апарату та порушення транспорту поживних речовин. У результаті відбулося зниження інтенсивності накопичення сухих розчинних

речовин, поліфенольних сполук і вітаміну С, а також істотне зменшення врожайності.

Встановлено, що коливання гідротермічних умов зумовлювали зміну інтенсивності фотосинтезу, дихання та транспірації рослин, що прямо впливало на формування продуктивності культури. Зокрема, підвищення температури на 1 °C сприяло прискоренню біохімічних процесів на 5–7 %, тоді як дефіцит вологи обмежував їх на 10–20 %. При цьому надлишкові опади в окремі періоди спричиняли зниження концентрації біологічно активних речовин у плодах на 15–25 % унаслідок ефекту розбавлення та порушення водного балансу рослин.

Тобто, гідротермічні умови вегетаційного періоду є визначальним фактором формування врожайності та якості плодів вишні в умовах Південного Степу України. Найбільш сприятливим є поєднання помірного температурного режиму з достатнім, але не надлишковим зволоженням, тоді як екстремальні відхилення погодних умов призводять до зниження продуктивності культури на 20–40 % та погіршення якісних показників плодів на 15–30 %.

Аналіз таблиці 1 свідчить, що найбільш сприятливим за умовами виявився 2023 рік, коли урожайність становила 9,33 т/га, що на 1,00 т/га або 12,0 % перевищує середній рівень. У 2024 році відбулося зниження до 7,85 т/га (–0,48 т/га або –5,8 %), тоді як у 2025 році зафіксовано мінімальний показник – 6,33 т/га, що на 2,00 т/га або 24,0 % менше середнього значення. Це підтверджує високу залежність продуктивності культури від гідротермічних умов, зокрема температурного режиму та забезпечення вологою.

Встановлено, що вміст поліфенольних речовин у плодах вишні варіював у широких межах – від 224,6 до 478,6 мг/100 г сирової маси, тобто різниця становила 254,0 мг/100 г або 113,1 %, що свідчить про значну генотипову диференціацію досліджуваних сортів. Найвищі значення сформували сорти Ерді Ботермо (449,3 мг/100 г) та Експромт (440,4 мг/100 г), які перевищували мінімальний рівень сорту Ігрушка на 206,2 мг/100 г або 84,8 %. Дещо нижчі, але стабільно високі показники відзначено у сорту Сіянець Туровцевої, що підтверджує його перспективність для вирощування в умовах Південного Степу України (табл. 2).

Аналіз варіабельності показника показав, що амплітуда коливань у межах окремих сортів становила 37–157 мг/100 г, або 17,8–55,1 %, що свідчить про різний рівень стабільності ознаки залежно від генотипу. Найбільш стабільними за вмістом поліфенольних речовин виявилися сорти Ігрушка та Встреча, коефіцієнт варіації яких не перевищував 10–12 %, тоді як у менш стабільних сортів цей показник досягав 20–23 %, що

Таблиця 1

Урожайність плодів вишні залежно від умов року, т/га

| Рік досліджень | Урожайність, т/га | Відхилення від середнього, т/га | Відхилення, % |
|----------------|-------------------|---------------------------------|---------------|
| 2023           | 9,33              | +1,00                           | +12,0         |
| 2024           | 7,85              | -0,48                           | -5,8          |
| 2025           | 6,33              | -2,00                           | -24,0         |
| Середнє        | 7,84              | –                               | –             |

Таблиця 2

**Вміст поліфенольних речовин у плодах вишні залежно від сорту, мг/100 г**

| Сорт               | Мінімум | Максимум | Середнє | Різниця | Відхилення, % |
|--------------------|---------|----------|---------|---------|---------------|
| Ігрушка            | 224,6   | 261,6    | 243,1   | —       | —             |
| Встреча            | 245,0   | 282,0    | 263,5   | +20,4   | +8,4          |
| Сіянець Туровцевої | 395,2   | 418,6    | 406,9   | +163,8  | +67,4         |
| Ерді Ботермо       | 420,0   | 478,6    | 449,3   | +206,2  | +84,8         |
| Експромт           | 410,5   | 470,2    | 440,4   | +197,3  | +81,2         |

Таблиця 3

**Вміст вітаміну С у плодах вишні, мг/100 г**

| Сорт         | Мінімум | Максимум | Середнє | Відхилення | %     |
|--------------|---------|----------|---------|------------|-------|
| Ігрушка      | 12,4    | 14,2     | 13,3    | —          | —     |
| Встреча      | 14,5    | 17,0     | 15,8    | +2,5       | +18,8 |
| Модниця      | 20,1    | 25,6     | 22,9    | +9,6       | +72,2 |
| Ерді Ботермо | 21,3    | 25,4     | 23,4    | +10,1      | +75,9 |
| Експромт     | 20,8    | 24,8     | 22,8    | +9,5       | +71,4 |

на 80–120 % більше. Це свідчить про різну адаптивну реакцію сортів на зміну погодних умов і необхідність їх диференційованого використання у виробництві.

Встановлено, що частка впливу генотипу на формування поліфенольного комплексу становить 42,3 %, що на 11,6 відсоткових пункти або на 37,8 % більше порівняно з впливом погодних умов (30,7 %). Взаємодія факторів «сорт × рік» становила 23,6 %, що вказує на істотну роль адаптивної реакції сортів до конкретних гідротермічних умов року. Частка випадкової дисперсії була мінімальною (близько 3–4 %), що підтверджує високу достовірність отриманих результатів.

Кореляційний аналіз показав, що накопичення поліфенольних речовин найбільш тісно пов'язане з температурними показниками: сума активних температур ( $r = 0,74$ ), кількість днів із температурою понад 25 °C ( $r = 0,68$ ) та середньодобова температура ( $r = 0,61$ ). Це свідчить про визначальну роль теплового режиму у формуванні антиоксидантного потенціалу плодів. Водночас встановлено негативний вплив надлишкового зволоження: збільшення кількості опадів та гідротермічного коефіцієнта знижує вміст поліфенолів на 15–25 %, що пов'язано з розбавленням клітинного соку та зміною інтенсивності метаболічних процесів.

Тобто, формування поліфенольного комплексу плодів вишні є результатом складної взаємодії генотипу та погодних умов, при домінуючій ролі сортового фактору. Найбільш доцільним є використання сортів із високим рівнем накопичення поліфенолів і помірною варіабельністю, що дозволяє забезпечити стабільну якість продукції навіть за умов значної мінливості кліматичних факторів.

Вміст аскорбінової кислоти у плодах вишні змінювався в широких межах – від 12,4 до 25,6 мг/100 г сирової маси, тобто різниця становила 13,2 мг/100 г або 106,5 %, що свідчить про значну мінливість показника залежно від генотипових особливостей сортів та умов вирощування. Найвищі показники сформували сорти Ерді Ботермо та Модниця, у яких вміст вітаміну С досягав відповідно 23,4–25,6 мг/100 г, що перевищувало мінімальний рівень сорту Ігрушка на 10,1 мг/100 г або

75,9 %. Сорт Експромт також характеризувався стабільно високими значеннями, що на 9,5 мг/100 г або 71,4 % перевищували контрольний рівень, що свідчить про високий потенціал цих сортів щодо накопичення аскорбінової кислоти (табл. 3).

Аналіз внутрішньосортової варіабельності показав, що амплітуда коливань показника в межах окремих сортів становила 1,8–5,5 мг/100 г, або 12,5–27,0 %, що характеризує різну стабільність прояву ознаки. Найменша варіабельність відзначена у сорту Ігрушка (до 12–15 %), тоді як у сортів інтенсивного типу вона досягала 20–27 %, що на 60–100 % більше, що пов'язано з їх підвищеною чутливістю до погодних умов.

Встановлено, що температурний фактор є визначальним у формуванні вмісту аскорбінової кислоти та обумовлює до 69,2 % варіації показника. Зокрема, підвищення суми активних температур на 100 °C сприяє зростанню концентрації вітаміну С на 7–10 %, що пов'язано з активізацією синтетичних процесів та накопиченням антиоксидантів у плодах. Позитивний вплив також має кількість сонячних днів у період досягання, що стимулює фотосинтетичну діяльність та інтенсивність метаболізму.

Водночас встановлено негативний вплив надлишкового зволоження: збільшення кількості опадів призводить до зниження вмісту аскорбінової кислоти на 2–3 % на кожні 10 мм, що зумовлено ефектом розбавлення клітинного соку та зменшенням концентрації розчинних речовин. Крім того, підвищена вологість повітря та ґрунту сприяє посиленню дихання рослин і витраті пластичних речовин, що також негативно позначається на накопиченні вітаміну С.

Таким чином, встановлено, що формування вмісту аскорбінової кислоти у плодах вишні визначається комплексною взаємодією генотипових особливостей сортів і гідротермічних умов вегетаційного періоду, при домінуючій ролі температурного режиму. Найбільш доцільним є використання сортів із високим потенціалом накопичення вітаміну С та помірною чутливістю до змін вологості, що забезпечує стабільну якість продукції в умовах кліматичної нестабільності.

Таблиця 4

## Кореляційні зв'язки між погодними факторами та показниками (коефіцієнти кореляції (r))

| Показник                 | Врожайність | Поліфеноли | Вітамін С |
|--------------------------|-------------|------------|-----------|
| Сума активних температур | 0,76        | 0,74       | 0,71      |
| Дні >25 °С               | 0,64        | 0,68       | 0,66      |
| Опади                    | -0,52       | -0,49      | -0,45     |
| Вологість повітря        | -0,34       | -0,38      | -0,30     |

Кореляційний аналіз підтвердив наявність тісного прямого зв'язку між вмістом аскорбінової кислоти та сумою активних температур ( $r = 0,71$ ), кількістю днів із температурою понад 25 °С ( $r = 0,66$ ), а також середньодобовою температурою повітря ( $r = 0,63$ ). Водночас кількість опадів і відносна вологість повітря мають обернений зв'язок із показником ( $r = -0,45 \dots -0,30$ ), що підтверджує негативний вплив надлишкового зволоження (табл. 4).

Аналіз отриманих результатів свідчить, що найбільший позитивний вплив на формування врожайності вишні має сума активних температур ( $r = 0,76$ ), що характеризує тісний прямий зв'язок між тепловим забезпеченням вегетаційного періоду та продуктивністю культури. Підвищення температурного режиму сприяє інтенсифікації процесів фотосинтезу, асиміляції та накопичення пластичних речовин, що забезпечує формування більшої кількості генеративних органів і підвищення маси плодів. Встановлено, що оптимальне поєднання тепла та помірного зволоження дозволяє підвищити врожайність на 15–25 % порівняно з роками із несприятливими умовами.

Водночас надлишок опадів чинить негативний вплив на продуктивність культури, знижуючи врожайність на 12–25 %. Це зумовлено погіршенням аерації ґрунту, зниженням інтенсивності фотосинтезу внаслідок зменшення сонячної радіації, а також посиленням розвитку хвороб і фізіологічних розладів рослин. Крім того, надмірне зволоження у період досягання плодів може призводити до їх розтріскування, що безпосередньо впливає на зменшення товарної продукції.

Подібні закономірності встановлено і для формування біохімічних показників плодів. Зокрема, для поліфенольних речовин характерний виражений позитивний вплив температурного режиму ( $r = 0,74$ ), що пов'язано з активізацією синтезу вторинних метаболітів у відповідь на підвищене теплове навантаження. Натомість надлишкова волога має негативний вплив ( $r = -0,49$ ), знижуючи концентрацію поліфенолів на 15–25 % внаслідок ефекту розбавлення та уповільнення метаболічних процесів.

Тобто, оптимізація гідротермічних умов вирощування, зокрема забезпечення достатнього теплового ресурсу та регулювання водного режиму, є ключовими чинниками підвищення врожайності та якості плодів вишні.

Економічна оцінка результатів досліджень підтвердила тісний зв'язок між рівнем урожайності, якістю продукції та ефективністю виробництва. Встановлено, що найвищий прибуток становив 75 620 грн/га, що на 42 000 грн/га або 125 % більше мінімального рівня, що свідчить про значний вплив сприятливих погодних умов і високопродуктивних сортів на економічні показники. Рівень рентабельності досягав 137 %, що на 17

відсоткових пунктів перевищує середнє значення, або на 14,2 % більше у відносному вимірі.

**Висновки.** Формування врожайності та якості плодів вишні в умовах Південного Степу України визначається комплексною взаємодією температурного режиму, водозабезпечення та генотипових особливостей сортів. Найбільший вплив мають температурні фактори ( $r = 0,63–0,76$ ), тоді як надлишкове зволоження знижує як продуктивність, так і якісні показники на 15–30 %. Впровадження сучасних підходів до оцінки та прогнозування дозволяє підвищити ефективність виробництва на 20–35 %.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Василишина О., Постоленко Є. Вплив погодних умов на формування компонентів хімічного складу плодів вишні. *Вісник аграрної науки*. 2020. Т. 98, № 2. С. 29–36.
2. Іванова, І., Сердюк, М., Малкіна, В., Колісниченко, Т., Кривонос, І., & Івашина, Л. (2024). Формування смакових якостей плодів вишні під впливом абіотичних чинників в умовах півдня степової зони України. *Innovations and Technologies in the Service Sphere and Food Industry*, (2 (12)), 5-16.
3. Макарова Д. Г., Василенко В. І., Трохимчук А. І. Моніторинг погодних змін та їх вплив на продуктивність цінного селекційного генотипу вишні (*Cerasus vulgaris* Mill.) у Лісостепу України. *Садівництво*. 2020. Вип. 75. С. 92–101.
4. Іванова І. Є., Сердюк М. Є., Малкіна В. М., Шкіндер-Бармина А. М., Кривонос І. А. Урожайність вишні залежно від кліматичних умов років вирощування. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. Вип. 4. DOI: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2019-4\(104\)](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2019-4(104))
5. Малкіна В. М., Іванова І. Є., Сердюк М. Є., Кривонос І. А., Білоус Е. С. Регресійний аналіз залежності урожайності вишні від гідротермічних факторів в умовах мультиколінеарності. *Наукові горизонти*. 2019. № 11 (84). 51–60.
6. Іванова І. Є., Сердюк М. Є., Тимошук Т. М., Кривонос І. А., Пендрак Я. І. Прогнозування вмісту вітаміну С у плодах вишні у безвідходному ланцюзі використання плодової сировини. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2024. Вип. 2. С. 89–95
7. Іванова І. Є., Сердюк М. Є., Тимошук Т. М., Маренич М. М. Формування фонду вітаміну С у плодах черешні під впливом погодних чинників. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 2. С. 59–66. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.07>.
8. Пендрак Я. І., Іванова І. Є., Сердюк М. Є., Тимошук Т. М., Кривонос І. А. Математичне моделювання впливу погодних факторів на формування фонду поліфенольних речовин в плодах вишні.

- Вісник Хмельницького національного університету*. 2024. № 3, Т1. (335). С. 369–376
9. Bublyk M. O., Fryziuk L. A., Levchuk L. M. Fruit crop production distribution in Ukraine: A research note. *Chemistry and Chemical Biology: Methodologies and Applications*. 2014. No. 9 (18). P. 207–218.
  10. Кішчак О. А. Основи промислової культури черешні в Лісостепу України. Київ : Аграрна наука, 2017. 240 с.
  11. Chigozie A. K. Regression and Principal Component Analyses: a Comparison Using Few Regressors. *American Journal of Mathematics and Statistics*. 2012. No. 2 (1). P. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.5923/j.ajms.20120201.01>.
  12. Дослідницький практикум. Ч. 1. Методи дослідження плодовоовочевої та ягідної продукції : підручник / М. Є. Сердюк та ін. Мелітополь : Люкс, 2020. 370 с.
  13. Фрукти та овочі свіжі. Відбір проб : ДСТУ ISO 874-2002. [Чинний від 2003-01-10]. Київ : Держспоживстандарт України, 2002. 5 с.
  14. Продукти з фруктів та овочів. Визначення розчинних сухих речовин рефрактометричним методом (ISO 2173:2003, IDT) : ДСТУ ISO 2173:2007. [Чинний від 2009-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 7 с.
  15. Ming-ming C., Jing-lian M. Application of principal component regression analysis in economic analysis. *Proceedings of the 3rd International Conference on Management Science, Education Technology, Arts, Social Science and Economics*. 2015. P. 1205–1208. DOI: <https://doi.org/10.2991/msetasse-15.2015.255>.
  16. Gujarati D. N. Basic econometrics. 4th ed. New York : McGraw-Hill, 2004. P. 960–976.
  5. Malkina V.M., Ivanova I.Ie., Serdiuk M.Ie., Krivonos I.A., Bilous E.S. (2019), *Rehresiyni analiz zalezhnosti urozhainosti vyshni vid hidrotermichnykh faktoriv v umovakh multykolinearnosti* [Regression analysis of the dependence of cherry yield on hydrothermal factors under conditions of multicollinearity], *Naukovi horyzonty*, no. 11 (84), pp. 51–60. [in Ukrainian]
  6. Ivanova I.Ie., Serdiuk M.Ie., Tymoshchuk T.M., Kryvonos I.A., Pendrak Ya.I. (2024), *Prohnozuvannya vmistu vitaminu C u plodakh vyshni u bezvidkhodnomu lantsiuzi vykorystannya plodovoi syrovyny* [Predicting the vitamin C content in cherry fruits in a waste-free chain of fruit raw materials use], *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, vol. 2, pp. 89–95. [in Ukrainian]
  7. Ivanova I.Ie., Serdiuk M.Ie., Tymoshchuk T.M., Marenchuk M.M. (2021), *Formuvannya fondu vitaminu C u plodakh chereszni pid vplyvom pohodnykh chynnykh* [Formation of the vitamin C fund in sweet cherry fruits under the influence of weather factors], *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi aharnoi akademii*, no. 2, pp. 59–66. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.07>. [in Ukrainian]
  8. Pendrak Ya.I., Ivanova I.Ie., Serdiuk M.Ie., Tymoshchuk T.M., Kryvonos I.A. (2024), *Matematychni modeliuvannya vplyvu pohodnykh faktoriv na formuvannya fondu polifenolnykh rehovyn v plodakh vyshni* [Mathematical modeling of the influence of weather factors on the formation of the fund of polyphenolic substances in cherry fruits], *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*, no. 3, vol. 1 (335), pp. 369–376. [in Ukrainian]
  9. Bublyk M. O., Fryziuk L. A., Levchuk L. M. (2014), Fruit crop production distribution in Ukraine: A research note. *Chemistry and Chemical Biology: Methodologies and Applications*, no. 9 (18), pp. 207–218.
  10. Kishchak O.A. (2017), *Osnovy promyslovoi kultury chereszni v Lisostepu Ukrainy* [Fundamentals of industrial sweet cherry culture in the Forest-Steppe of Ukraine], *Ahrarna nauka*, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
  11. Chigozie A. K. (2012), Regression and Principal Component Analyses: a Comparison Using Few Regressors. *American Journal of Mathematics and Statistics*, no. 2 (1), pp. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.5923/j.ajms.20120201.01>.
  12. Serdiuk M.Ie. et al. (2020), *Doslidnytskyi praktykum. Ch. 1. Metody doslidzhennia plodoovochevoi ta yahidnoi produktsii: pidruchnyk* [Research practice. Part 1. Methods of research of fruit, vegetable and berry products: a textbook], Liuks, Melitopol, Ukraine. [in Ukrainian]
  13. DSTU ISO 874-2002 (2002), *Frukty ta ovochi svizhi. Vidbir prob* [Fresh fruits and vegetables. Sampling], *Derzhspozhyvstandart Ukrainy*, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
  14. DSTU ISO 2173:2007 (2010), *Produkty z fruktiv ta ovochiv. Vyznachennia rozchynnykh sukhykh rehovyn refraktometrychnym metodom* [Fruit and vegetable products. Determination of soluble solids by refractometric method], *Derzhspozhyvstandart Ukrainy*, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
  15. Ming-ming C., Jing-lian M. (2015), Application of principal component regression analysis in economic analysis. *Proceedings of the 3rd International Conference on Management Science, Education Technology, Arts,*

#### REFERENCES:

1. Vasylyshyna O., Postolenko Ye. (2020), *Vplyv pohodnykh umov na formuvannya komponentiv khimichnoho skladu plodiv vyshni* [Influence of weather conditions on the formation of components of the chemical composition of cherry fruits], *Visnyk aharnoi nauky*, vol. 98, no. 2, pp. 29–36. [in Ukrainian]
2. Ivanova I., Serdiuk M., Malkina V., Kolisnychenko T., Kryvonos I., Ivashyna L. (2024), *Formuvannya smakovykh yakosteï plodiv vyshni pid vplyvom abiotychnykh chynnykh v umovakh pivdnia stepovoi zony Ukrainy* [Formation of taste qualities of cherry fruits under the influence of abiotic factors in the conditions of the south of the steppe zone of Ukraine], *Innovations and Technologies in the Service Sphere and Food Industry*, no. 2 (12), pp. 5–16. [in Ukrainian]
3. Makarova D.H., Vasylenko V.I., Trokhymchuk A.I. (2020), *Monitorynh pohodnykh zmin ta yikh vplyv na produktyvnist tsinnoho selektsiinoho henofondu vyshni (Cerasus vulgaris Mill.) u Lisostepu Ukrainy* [Monitoring of weather changes and their impact on the productivity of the valuable selection gene pool of sour cherry (Cerasus vulgaris Mill.) in the Forest-Steppe of Ukraine], *Sadivnytstvo*, vol. 75, pp. 92–101. [in Ukrainian]
4. Ivanova I.Ie., Serdiuk M.Ie., Malkina V.M., Shkinder-Barmina A.M., Kryvonos I.A. (2019), *Urozhainist vyshni zalezho vid klimatychnykh umov rokiv vyroshchuvannya* [Cherry yield depending on the climatic conditions of the years of cultivation], *Visnyk aharnoi nauky Prychornomoria*, vol. 4. DOI: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2019-4\(104](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2019-4(104) [in Ukrainian]

*Social Science and Economics*, pp. 1205–1208. DOI: <https://doi.org/10.2991/msetasse-15.2015.255>.

16. Gujarati D. N. (2004), *Basic econometrics*. 4th ed. McGraw-Hill, New York, USA.

**Пендрак Я.І. Формування якості та врожайності плодів вишні за впливу абіотичних чинників у Південному Степу України**

**Мета.** Науково обґрунтувати закономірності формування врожайності та якісних показників плодів вишні залежно від дії абіотичних чинників і генотипових особливостей сортів в умовах Південного Степу України, а також у розробленні надійних підходів до їх кількісного прогнозування з використанням сучасних статистичних і математичних інструментів. Актуальність роботи зумовлена посиленням кліматичної мінливості, що істотно впливає на продуктивність плодівих культур та потребує впровадження адаптивних технологій вирощування.

**Методи.** Методологічною основою досліджень слугували польові, лабораторні та статистичні методи. Зокрема, використано дисперсійний аналіз (ANOVA) для оцінки впливу факторів і їх взаємодії, кореляційний аналіз для встановлення сили та напрямку зв'язків між показниками, а також методи математичного моделювання (ridge-регресія, LASSO), що дозволили ідентифікувати ключові предиктори формування врожайності та якості плодів і підвищити точність прогнозів.

**Результати.** Встановлено суттєву варіабельність основних господарсько цінних ознак. Урожайність вишні змінювалася в межах 6,33–9,33 т/га, що становить різницю 3,00 т/га або 47,4 % відносно мінімального рівня. Вміст поліфенольних речовин коливався від 224,6 до 478,6 мг/100 г, із приростом 254,0 мг/100 г, що відповідає 113,1 %, тоді як концентрація вітаміну С зростала від 12,4 до 25,6 мг/100 г, або на 13,2 мг/100 г (106,5 %). Доведено, що генотипові особливості сортів визначають 42,3 % загальної варіації вмісту поліфенолів, перевищуючи вплив погодних умов, частка яких становила 30,7 %, що свідчить про домінуючу роль спадкових факторів у формуванні біохімічного складу плодів. Водночас встановлено тісні прямі кореляційні зв'язки між температурними показниками та рівнем продуктивності ( $r = 0,63–0,76$ ), що підтверджує визначальне значення теплового ресурсу в умовах регіону.

Застосування методів регуляризованої регресії, зокрема LASSO, забезпечило високу прогностичну здатність моделей ( $R^2 = 0,76–0,83$ ), що на 12–18 % перевищує точність традиційних підходів, дозволяючи більш адекватно враховувати багатфакторність агро-екосистем. Установлено, що інтеграція генотипових і кліматичних параметрів у єдину модель сприяє підвищенню достовірності прогнозів та оптимізації управлінських рішень.

**Висновки.** Формування врожайності та якості плодів вишні є наслідком складної взаємодії генотипу та абіотичних чинників із переважанням температурного режиму. Практичне впровадження розроблених моделей забезпечує підвищення ефективності виробництва на 20–35 %, що проявляється у стабілізації врожайності та покращенні біохімічних показників продукції.

**Ключові слова:** вишня, абіотичні чинники, врожайність, поліфенольні речовини, вітамін С, математичне моделювання, якість плодів.

**Pendrak Ya.I. Formation of cherry fruits quality and yield under the influence of abiotic factors in the Southern Steppe of Ukraine**

**Purpose.** To scientifically substantiate the patterns of yield formation and fruit quality indicators of sour cherry depending on the influence of abiotic factors and genotype-specific characteristics of cultivars under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine, as well as to develop reliable approaches for their quantitative prediction using modern statistical and mathematical tools. The relevance of the study is обусловлена the increasing climate variability, which significantly affects the productivity of fruit crops and necessitates the implementation of adaptive cultivation technologies.

**Methods.** The methodological basis of the research included field, laboratory, and statistical methods. In particular, analysis of variance (ANOVA) was used to assess the effects of factors and their interactions, correlation analysis to determine the strength and direction of relationships between variables, and mathematical modeling methods (ridge regression, LASSO) to identify key predictors of yield and fruit quality formation and to improve prediction accuracy.

**Results.** Significant variability of the main economically valuable traits was established. Sour cherry yield ranged from 6.33 to 9.33 t/ha, representing an increase of 3.00 t/ha or 47.4% relative to the minimum level. The content of polyphenolic compounds varied from 224.6 to 478.6 mg/100 g, with an increase of 254.0 mg/100 g (113.1%), while vitamin C content increased from 12.4 to 25.6 mg/100 g, i.e., by 13.2 mg/100 g (106.5%). It was proven that genotype determines 42.3% of the total variation in polyphenol content, exceeding the influence of weather conditions, which accounted for 30.7%, indicating the dominant role of hereditary factors in shaping the biochemical composition of fruits. At the same time, strong positive correlations between temperature indicators and productivity were revealed ( $r = 0.63–0.76$ ), confirming the decisive importance of thermal resources under the regional conditions.

The application of regularized regression methods, particularly LASSO, ensured high predictive performance of the models ( $R^2 = 0.76–0.83$ ), exceeding the accuracy of traditional approaches by 12–18%, thus allowing a more adequate consideration of the multifactorial nature of agroecosystems. It was established that the integration of genotype and climatic parameters into a unified model enhances prediction reliability and improves decision-making efficiency.

**Conclusions.** The formation of sour cherry yield and fruit quality is determined by a complex interaction between genotype and abiotic factors, with temperature regime playing a dominant role. The practical implementation of the developed models increases production efficiency by 20–35%, which is manifested in yield stabilization and improvement of biochemical fruit quality indicators.

**Key words:** sour cherry, abiotic factors, yield, polyphenolic compounds, vitamin C, mathematical modeling, fruit quality.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

УДК 633.854.78: 631.847:631.8-027.236(251.1:477)  
DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.36.35>

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ОБРОБКИ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ МІКРОБІОЛОГІЧНИМИ ІНОКУЛЯНТАМИ ТА ДОБРИВАМИ В ЗОНІ СТЕПУ УКРАЇНИ

**ПРИШЕДЬКО Н.О.** – старша викладачка

*orcid.org/0009-0004-3944-0211*

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

**ЧЕРНИХ С.А.** – кандидатка сільськогосподарських наук, доцентка

*orcid.org/0000-0002-8106-9901*

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

**ЛЕМІШКО С.М.** – кандидатка сільськогосподарських наук, доцентка

*orcid.org/0000-0002-4973-7455*

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

**КАСЬЯНОВ Є.О.** – аспірант,

*orcid.org/0009-0007-7841-5619*

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

**Постановка проблеми.** За врахування агробіологічних особливостей та стратегічного значення вирощування соняшнику в галузі економіки України, яка обумовлена доволі сприятливими природно-кліматичними умовами вирощування, розвинутою інфраструктурою повної переробки, безвідходним виробництвом, високою рентабельністю та маржинальністю є негативні впливи і екологічні нюанси, що характерні для культивацийних зон культури в умовах інтенсивного землеробства [3, 14, 17].

Техніко-технологічні рішення та інновації в сільськогосподарському виробництві сприяють зростанню конкурентоспроможності, динамічності та ефективності виробництва, а також росту об'ємів реалізації продукції на внутрішньому та зовнішньому ринках [15].

З метою посилення імунітету і стимулювання утворення та розвитку кореневої системи, екозахисту, застосування мікробіологічних інокулянтів є виправданим кроком, що призводить до збільшення врожайності (на 5-20 %), збільшення квіток у кошику, польової схожості (від 10 до 15 %), покращення засвоєння елементів живлення та зростання в ґрунтах поля доступних для рослин форм фосфору та калію, захисту від хвороб, підвищення маси 100 насінин та економії фосфорно-калійних добрив (до 20 %), зростанні кількісних показників олії в насінні [5, 4, 12].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За значного росту кількості препаратів різного типу (комплексних, фосфатомобілізаторів, азотфіксаторів, фітостимуляторів, мікоризних інокулянтів, засобів біозахисту), які застосовуються для інокуляції соняшнику з метою захисту рослин на ранніх етапах розвитку та суттєвого покращення його живлення дозволяє їх застосовувати в базових технологіях вирощування як для зниження інфекційного фону та пестицидного навантаження, так і для зростання індукованого імунітету та врожайності [20, 16, 7].

Встановлена найбільша дієвість поліфункціональних мікробних препаратів на основі консорціумів бактерій, синергії мікробних консорціумів і амінокислотних стимуляторів завдяки покращенню фізіологічного стану рослин соняшнику, боротьбі з абіотичним стресом [8, 9, 10].

Існують рекомендації щодо зростання продуктивності сучасних гібридів соняшнику за рахунок використання в період його вегетації позакореневого підживлення, яке дозволяє більш швидко і продуктивно засвоювати елементи живлення [18, 2].

За врахування особливостей та специфічних складнощів, що виникають за вирощування соняшнику в Україні в період військового часу (обмеженістю площ, браком ресурсів, зростанням вартості матеріалів, критичним дефіцитом вологи, зниженням врожайності) в цьому аспекті слід мати більш адаптивний підхід та знизити ризики за акцентування на ретельного підходу до вибору препаратів та добрив (зادля більшого підвищення продуктивності культури) [13, 19].

**Мета статті.** Дослідити ефективність обробки гібридів соняшнику конкретними штамами, що входять до складу мікробіологічних інокулянтів та видів добрив в контексті біологізації землеробства та зниження хімічного навантаження на ґрунт для посушливих регіонів країни.

**Постановка завдання.** Виявлення дієвості спеціалізованих препаратів, що містять азот фіксатори, фосфор та калій мобілізатори та фітогормони з різних рядів, що є корисними для додаткового захисту та підвищення врожайності 3 гібридів соняшнику (з високою толерантністю до поширених хвороб, стійкістю до стресових умов, що відповідають сучасним рівням продуктивності та адаптивності).

**Матеріали та методи досліджень.** Закладання дослідів та проведення спостережень виконували на полях фермерського господарства «ВОСХОД»



Дніпровського району Дніпропетровської області в 2024-2025 роках на 3 гібридах соняшнику – ЕС Розалія, 5053Л СУ, ЛІД 5038Х. Досліди виконані у відповідності з загальноновизнаними методиками досліджень [6, 21, 11], за систематичного розміщення ділянок у трикратній повторності. Попередником слугувала озима пшениця, сівбу проведено згідно оптимальних строків та норми висіву (50 тис. насіння/га).

Для покращення живлення рослин та фунгіцидного захисту рослин соняшнику застосовували шляхом обприскування (у вечірній час) в період вегетації розчинний концентрат мікробіологічного препарату Цидокс Про в дозі 13 л/га, що містить *Streptomyces* sp. з титром  $1 \times 10^7$  -  $5 \times 10^{10}$  КУО/мл препарату.

Для захисту від хвороб і шкідників, підвищення імунітету рослин соняшнику використовували для обробки в період вегетації суспензію препарату Флорабацилін (*Bacillus subtilis* 9035 IMB) з титром  $1 \times 10^9$  клітин/см<sup>3</sup>, в дозі 4 га.

В дослідях використовували також для обробки насіння: з метою підвищення врожайності мікробіологічний інокулянт BINOC/Cornex, р. (*Bacillus subtilis* з титром  $1 \times 10^9$  клітин/см<sup>3</sup>, *Azotobacter chroococcum* титром  $1 \times 10^9$  з КУО/г, *Bacillus megaterium* із титром  $1 \times 10^8$  з КУО/г, *Trichoderma harzianum* титр  $1 \times 10^7$  КУО/г) в дозі 6 л/т та для фіксації азоту мікробіологічний препарат НітроМаїс, РН (*Azoshirillum brasiliense* IMB B-7596, титр не менше  $2 \times 10^9$  КУО/мл препарату) в дозі 20 л/т.

Для позакореневого підживлення в період вегетації (з метою одночасного поєднання мікро- та макроелементів) застосовували 0,3 % водний розчин добрива Мікрокат, р., в склад якого входять моно- та діелементи в поєднанні з кислотами (аміно- та органічними) в дозі 0,5 л/га та добриво Мікро-Мінераліс, РК в дозі 1,5 л/га, що виготовлене за інноваційною технологією (плазмово-імпульсною) та містить мікроелементи, що мають легкозасвоювану (хелатну) форму.

Тип ґрунту на дослідних ділянках – чорнозем звичайний малогумусний середньосуглинковий, за агрохімічною характеристикою містить гумусу 3,5-4,4 %. На 100 г ґрунту в орному шарі міститься: азоту (легкогидролізованого) – 7,5–8,2 мг (за Тюрнімом), рухомого фосфору – 8,8–9,7 мг (за Чириковим), калію (обмінного) – 13,5–14,5 мг (за Масловою).

Загалом, в період вегетації рослин соняшнику в 2024 та 2025 роках середня температура повітря була вище середньо багаторічної, запаси вологи були недостатніми та нижчими за кліматичну норму, що справляло негативний вплив на ріст, розвиток та формування продуктивності гібридів.

Протягом вегетаційного періоду проводили заміри біометричних показників гібридів по фенофазам розвитку соняшнику. Проведено перерахунок врожайності соняшнику згідно стандарту ДСТУ 7011:2011 (за показниками товарності – вологістю 8 %, засміченістю – 1 %). Статистична значущість результатів дослідження була підтверджена шляхом усереднення та математичного опрацювання даних (емпіричних) [21, 6, 10].

**Результати досліджень.** За рахунок інтегрованого та багатофункціонального впливу біопрепаратів

і добрив під час росту та розвитку рослин відмічається зростання насіннєвої продуктивності соняшнику у досліджуваних гібридів за рахунок покращення загального стану рослин внаслідок запобігання стресів, більш швидкого засвоєння елементів та уникнення дефіциту поживних речовин (табл. 1).

Найбільш оптимальним варіантом для збільшення продуктивності всіх досліджуваних гібридів соняшнику є інокуляція насіння препаратом BINOC/Cornex, р. в дозі 6 л/т, за якої приріст врожайності становив 0,24 і 0,25 та 0,28 ц/га відповідно. За поєднання інокуляції насіння гібридів соняшнику BINOC/Cornex з позакореневим підживленням добривом Мікро-Мінераліс, РК відмічався більш високий рівень приросту врожайності (0,28 і 0,27 та 0,31 ц/га відповідно). За поєднання інокуляції вказаним препаратом і підживленням рослин добривом Мікрокат, р. в дозі 0,5 л/га формувалася більш низький рівень врожайності гібридів соняшнику. В середньому за роки досліджень застосування препарату Цидокс Про, РК в дозі 13 л/га в фазу 6-8 листків на гібридах соняшнику призвело до зменшення ураження фомозом (на 23,2; 25,4 та 26,7 %) та фомопсисом (на 20,9; 21,2 та 23,0 %) (за візуальної оцінки інтенсивності розвитку хвороб) та росту врожайності (на 0,14-0,17 ц/га по відношенню до контролю), тоді як за поєднання підживленням рослин добривами відбувався ріст врожайності (на 0,14 і 0,19 ц/га для гібриду соняшнику ЕС Розалія; на 0,16 та 0,18 ц/га для гібриду 5053Л СУ та на 0,2 і 0,22 ц/га для гібриду ЛІД 5038Х) за рахунок забезпечення елементами, які необхідні для процесів росту та розвитку, оскільки мінеральне живлення є важливим фактором, що має вплив на формування продуктивності рослин соняшнику.

Всі досліджувані препарати (табл. 2) забезпечували більш оптимальні умови формування продуктивності рослин гібридів соняшнику. Оцінюючи врожайні дані за показниками продуктивності гібридів соняшнику слід вказати на позитивний ефект впливу як добрив, так і мікробіологічних інокулянтів і препаратів, що сприяли збільшенню кількості кошиків (з 4,23 на контролі до 4,47-4,74 шт./м<sup>2</sup> для гібриду ЕС Розалія, з 4,3 на контролі до 4,51-4,76 шт./м<sup>2</sup> для гібриду 5053Л СУ та для гібриду соняшнику ЛІД 5038Х з 4,25 на контролі до 4,49-4,75 шт./м<sup>2</sup>) та їх діаметру (з мінімального діаметру 16,2 см на контролі до максимальних значень 17,1-19,0 см для гібриду ЕС Розалія, з 17,3 см на контролі до 17,6 -18,6 см для гібриду 5053Л СУ та для гібриду соняшнику ЛІД 5038Х з 16,7 см на контролі до 17,4 -18,3 см), що призводить до зростання загальної врожайності.

**Висновки.** Використання досліджуваних мікробіологічних інокулянтів та добрив для обробки та одноразового позакореневого підживлення гібридів соняшнику сприяють кращому росту і розвитку рослин (за рахунок підвищення стресостійкості до впливу патогенів та кліматичних факторів, поліпшення фосфорного та азотного живлення), позитивно впливають на структурні показники врожайності і сприяють її росту порівняно з контролем для гібридів: ЕС Розалія на 10,13-20,89 %, 5053Л СУ на 10,84-17,9 % та ЛІД 5038Х на 10,9-21,15 %.



Таблиця 1

## Вплив обробки біопрепаратами та добривами на врожайність гібридів

| Варіанти                              | Врожайність гібридів, т/га |      |         |          |      |         |           |      |         |
|---------------------------------------|----------------------------|------|---------|----------|------|---------|-----------|------|---------|
|                                       | ЕС Розалія                 |      |         | 5053Л СУ |      |         | ЛІД 5038Х |      |         |
|                                       | Роки                       |      |         |          |      |         |           |      |         |
|                                       | 2024                       | 2025 | середнє | 2024     | 2025 | середнє | 2024      | 2025 | середнє |
| Контроль (обробка водою)              | 1,61                       | 1,54 | 1,58    | 1,64     | 1,6  | 1,62    | 1,59      | 1,53 | 1,56    |
| Цидокс Про, РК                        | 1,79                       | 1,68 | 1,74    | 1,83     | 1,68 | 1,76    | 1,76      | 1,7  | 1,73    |
| Флорабацилін                          | 1,81                       | 1,74 | 1,78    | 1,86     | 1,74 | 1,8     | 1,8       | 1,74 | 1,77    |
| НітроМаїс, РН                         | 1,83                       | 1,75 | 1,79    | 1,88     | 1,77 | 1,83    | 1,82      | 1,77 | 1,8     |
| BINOC/Cornex, р.                      | 1,85                       | 1,78 | 1,83    | 1,91     | 1,79 | 1,85    | 1,86      | 1,81 | 1,84    |
| Мікро-Мінераліс, РК                   | 1,8                        | 1,75 | 1,78    | 1,91     | 1,7  | 1,77    | 1,77      | 1,71 | 1,74    |
| Мікрокат, р.                          | 1,78                       | 1,66 | 1,72    | 1,89     | 1,66 | 1,78    | 1,74      | 1,67 | 1,71    |
| Цидокс Про, РК, +Мікро-Мінераліс, РК  | 1,84                       | 1,73 | 1,79    | 1,86     | 1,74 | 1,8     | 1,8       | 1,75 | 1,78    |
| Флорабацилін +Мікро-Мінераліс, РК     | 1,86                       | 1,77 | 1,82    | 1,92     | 1,79 | 1,86    | 1,86      | 1,8  | 1,83    |
| НітроМаїс, РН, + Мікро-Мінераліс, РК  | 1,89                       | 1,82 | 1,86    | 1,94     | 1,81 | 1,88    | 1,88      | 1,85 | 1,87    |
| BINOC/Cornex, р.+ Мікро-Мінераліс, РК | 1,95                       | 1,86 | 1,91    | 1,96     | 1,86 | 1,91    | 1,92      | 1,85 | 1,89    |
| Цидокс Про, РК, + Мікрокат, р.        | 1,82                       | 1,72 | 1,77    | 1,84     | 1,71 | 1,78    | 1,77      | 1,74 | 1,76    |
| Флорабацилін + Мікрокат, р.           | 1,85                       | 1,75 | 1,8     | 1,91     | 1,77 | 1,84    | 1,84      | 1,79 | 1,82    |
| НітроМаїс, РН, + Мікрокат, р.         | 1,87                       | 1,81 | 1,84    | 1,92     | 1,8  | 1,86    | 1,87      | 1,83 | 1,85    |
| BINOC/Cornex, р. + Мікрокат, р.       | 1,93                       | 1,82 | 1,88    | 1,94     | 1,83 | 1,89    | 1,9       | 1,83 | 1,87    |

Таблиця 2

## Реакція гібридів соняшнику на обробку біопрепаратами та добривами (середнє за 2024-2024 рр.)

| Варіант                       | Гібриди соняшнику  |                          |                       |                    |                          |                       |                    |                          |                       |
|-------------------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|
|                               | ЕС Розалія         |                          |                       | 5053Л СУ           |                          |                       | ЛІД 5038Х          |                          |                       |
|                               | Кількість          |                          | Діаметр<br>кошику, см | Кількість          |                          | Діаметр<br>кошику, см | Кількість          |                          | Діаметр<br>кошику, см |
|                               | кошиків,<br>шт./м² | насінин в<br>кошику, шт. |                       | кошиків,<br>шт./м² | насінин в<br>кошику, шт. |                       | кошиків,<br>шт./м² | насінин в<br>кошику, шт. |                       |
| Контроль (обробка водою)      | 4,23               | 751                      | 16,2                  | 4,3                | 766                      | 17,3                  | 4,25               | 759                      | 16,7                  |
| Цидокс Про, РК                | 4,47               | 788                      | 17,1                  | 4,51               | 838                      | 17,6                  | 4,49               | 826                      | 17,4                  |
| Флорабацилін                  | 4,49               | 791                      | 17,3                  | 4,55               | 831                      | 17,62                 | 4,52               | 840                      | 17,67                 |
| НітроМаїс, РН                 | 4,52               | 826                      | 17,7                  | 4,59               | 840                      | 17,67                 | 4,55               | 849                      | 17,72                 |
| BINOC/Cornex, р.              | 4,58               | 839                      | 17,9                  | 4,62               | 859                      | 17,71                 | 4,61               | 861                      | 17,73                 |
| Мікро-Мінераліс, РК           | 4,6                | 851                      | 18,0                  | 4,65               | 862                      | 17,79                 | 4,64               | 873                      | 17,81                 |
| Мікркат, р.                   | 4,57               | 823                      | 17,8                  | 4,61               | 857                      | 17,76                 | 4,63               | 870                      | 17,8                  |
| Цидокс Про + Мікро-Мінераліс  | 4,66               | 864                      | 18,2                  | 4,69               | 877                      | 17,84                 | 4,67               | 888                      | 17,89                 |
| Флорабацилін +Мікро-Мінераліс | 4,69               | 875                      | 18,3                  | 4,73               | 892                      | 18,2                  | 4,7                | 894                      | 18,25                 |
| НітроМаїс+ Мікро-Мінераліс    | 4,71               | 886                      | 18,5                  | 4,72               | 895                      | 18,22                 | 4,73               | 897                      | 18,27                 |
| BINOC/Cornex+Мікро-Мінераліс  | 4,74               | 898                      | 19,0                  | 4,76               | 899                      | 18,6                  | 4,75               | 899                      | 18,3                  |
| Цидокс Про + Мікркат          | 4,66               | 844                      | 18,1                  | 4,67               | 873                      | 17,81                 | 4,65               | 877                      | 17,85                 |
| Флорабацилін + Мікркат        | 4,67               | 855                      | 18,2                  | 4,7                | 880                      | 18,0                  | 4,68               | 891                      | 18,22                 |
| НітроМаїс + Мікркат           | 4,68               | 859                      | 18,2                  | 4,7                | 878                      | 17,96                 | 4,69               | 895                      | 18,23                 |
| BINOC/Cornex + Мікркат        | 4,7                | 886                      | 18,4                  | 4,73               | 891                      | 18,2                  | 4,71               | 896                      | 18,23                 |
| HIP <sub>05</sub>             | 0,03               | 0,08                     | 0,05                  |                    |                          |                       |                    |                          |                       |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Коваленко О. М. Комплексний вплив агротехнічних заходів на продуктивність соняшнику. *Сільськогосподарська наука*. 2022. № 1. С. 27–31.
- Іваненко С. Г. Економічна ефективність застосування мікродобрив у посівах соняшнику. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2022. Вип.1. С. 75–80.
- Кириченко В. В. Соняшник: біологічні особливості та агротехніка. *Аграрна наука і освіта*. 2018. № 6. С. 32–39.
- Жуйков О. Г., Бурдюг О. О. Фітсанітарний стан та врожайність гібридів соняшнику за різних рівнів біологізації технології вирощування. *Аграрні інновації*. 2020. № 3. С. 26–32.
- Гамаюнова В. В., Павлов В. О. Роль біодеструкторів, передпосівної обробки насіння та оптимізації мінерального живлення у формуванні врожайності соняшнику. *Аграрні інновації*. 2025. № 29. С. 29–34.
- Дослідна справа в агрономії : навч. посіб. : у 2 кн. Кн.2 : Статистична обробка результатів агрономічних досліджень / А. О. Рожков, В. К. Пузік, С. М. Каленська [ та ін.]; за ред. А. О. Рожкова. Харків : Майдан, 2016. 298 с.
- Гетьман Я., Найдьовона О. Динаміка чисельності мікроорганізмів у ґрунтовій масі чорнозему опідзоленого після обробки фунгіцидами різного походження. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2023. № 95. С. 47–59.
- Волкогон В. В. Сільськогосподарська мікробіологія в Україні : здобутки, проблеми, перспективи. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 11. С. 27–32.
- Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика / за ред. В. В. Волкогона. Київ : Аграрна наука, 2006. 312 с.
- Методологія і практика використання мікробних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур / за ред. В. В. Волкогона. Київ : Аграрна наука, 2011. 156 с.
- Основи наукових досліджень в агрономії / Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. Київ : Дія, 2005. 288 с.
- Коваленко О. А., Федорчук М. І., Нерода Р. С., Донець Я. Л. Вирощування соняшника за використання мікродобрив і бактеріальних препаратів. *Scientific Progress & Innovations*. 2020. № 2. С. 26–35.
- Москалюк Н. В., Сташків І. П., Прокопів І. Б. Особливості вирощування соняшнику в Україні в період війни. *Експериментальна ботаніка і фізіологія рослин*. 2023. № 1. С. 70–73.
- Олійні культури в Україні / Гаврилюк М. М., Салатенко В. Н., Чехов А. В., Федорчук М. І. Київ : Основа, 2008. 420 с.
- Чехова І. В. Формування та розвиток ринку олійних культур: теорія, методологія, практика : монографія. Київ: Аграрна наука, 2021. 144 с.
- Кохан А. В. Біодобрива у технології вирощування соняшнику. *Подільський вісник*. 2016. Вип.25. С. 34–39.
- Ткачук О. П., Бондарук Н. В. Фактори інтенсифікації та екологізації вирощування соняшнику. *Аграрні інновації*. 2023. С. 120–127.
- Мельник С. П. Агробіологічні особливості соняшнику в степовій зоні України. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 98. С. 62–67.
- Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. В. О. Єщенко. К. : Дія, 2005. 288 с.
- Сидякіна О. В., Гамаюнова В. В. Сучасний стан та перспективи виробництва насіння соняшнику. *Таврійський науковий вісник*. 2023. Вип. 131. С. 196–204.
- Черних С. А., Лемішко С. М., Пришедько Н. О., Касьянов Є. О. Особливості формування якісних показників насіння соняшнику за дії фіторегуляторів і мікродобрив в гідротермічних умовах Північного Степу України. *Аграрні інновації*. 2025. № 29. С. 194–199.
- Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин та ґрунтів : навч. посібник. Київ : ЗАТ НІЧЛАВА, 2003. 320 с.

## REFERENCES:

- Kovalenko O. M. (2022). Kompleksnyi vplyv ahrotekhnichnykh zakhodiv na produktyvnist soniashnyku. [The complex impact of agrotechnical measures on sunflower productivity]. *Silskohospodarska nauka*. № 1. P. 27–31. [in Ukrainian].
- Ivanenko S. H. (2022). Ekonomichna efektyvnist zas-tosuvannia mikrodobryv u posivakh soniashnyku. [Economic efficiency of using microfertilizers in sunflower crops]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho NUS*. Vyp.1. P. 75–80. [in Ukrainian].
- Kyrychenko V. V. (2018). Soniashnyk: biolohichni osoblyvosti ta ahrotekhnika. [Soniashnyk: biolohichni osoblyvosti ta ahrotekhnika]. *Ahrarna nauka i osvita*. № 6. P. 32–39. [in Ukrainian].
- Zhuikov O. H., Burdiuh O. O (2020). Fitsanitarnyi stan ta vrozhaunist hibrydiv soniashnyku za ryznykh rivniv biolohizatsii tekhnolohii vyroshchuvannia. [Phytopsanitary condition and yield of sunflower hybrids at different levels of biologization of cultivation technology]. *Ahrarni innovatsii*. № 3. P. 26–32. [in Ukrainian].
- Hamaiunova V. V., Pavlov V. O. (2025). Rol biodestruktoriv, peredposivnoi obrobky nasinnia ta optymizatsii mineralnoho zhyvlennia u formuvanni vrozhaunisti soniashnyku. [The role of biodestructors, pre-sowing seed treatment and optimization of mineral nutrition in the formation of sunflower yield]. *Ahrarni innovatsii*. № 29. P. 29–34. [in Ukrainian].
- Doslidna sprava v ahronomii : navch. posib. : u 2 kn. Kn.2 : Statystychna obrobka rezultativ ahronomichnykh doslidzhen. [Research work in agronomy: teaching manual: in 2 books. Book 2: Statistical processing of agro-nomic research results]. (2016) / A. O. Rozhkov, V. K. Puzik, S. M. Kalenska [ ta in.]; za red. A. O. Rozhkova. Kharkiv : Maidan, 298 p. [in Ukrainian].
- Hetman Ya., Naidovona O. (2023). Dynamika chysel-nosti mikroorhanizmv u gruntovii masi chornozemu opidzolenoho pislia obrobky funhitsydami ryznoho pokhodzhennia. [Dynamics of the number of micro-organisms in the substantiated mass of podzolized chernozem after treatment with fungicides of various origins]. *Ahrokhimiia i gruntoznastvo*. № 95. P. 47–59. [in Ukrainian].
- Volkohon, V. V. (2018). Silskohospodarska mikrobi-olohiia v Ukraini : zdobutky, problemy, perspektyvy. [Agricultural microbiology in Ukraine: achievements, problems, prospects]. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2018. № 11. P. 27–32. [in Ukrainian].
- Mikrobnii preparaty u zemlerobstvi. Teoriia i prak-tyka. [Microbial preparations in agriculture. Theory

- and practice]. (2006) / za red. V. V. Volkohona. Kyiv : Ahrarna nauka, 312 p. [in Ukrainian].
10. Metodolohiia i praktyka vykorystannia mikrobnykh preparativ u tekhnolohiiakh vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur. [Methodology and practice of using microbial preparations in agricultural crop growing technologies]. (2011) / za red. V. V. Volkohona. Kyiv : Ahrarna nauka, 156 p. [in Ukrainian].
  11. Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii. [Fundamentals of scientific research in agronomy]. (2005) / Yeshchenko V. O., Kopytko P. H., Opryshko V. P., Kostohryz P. V. Kyiv : Diia, 288 p. [in Ukrainian].
  12. Kovalenko O. A., Fedorchuk M. I., Neroda R. S., Donets Ya. L. (2020). Vyroshchuvannya sonyashnyka za vykorystannia mikrodobryv i bakterial'nykh preparativ. [Growing sunflower using microfertilizers and bacterial preparations]. Scientific Progress & Innovations. № 2. P. 26–35. [in Ukrainian].
  13. Moskaliuk N. V., Stashkiv I. P., Prokopiv I. B. (2023). Osoblyvosti vyroshchuvannia soniashnyku v Ukraini v period viiny. [Peculiarities of sunflower cultivation in Ukraine during the war]. Eksperymentalna botanika i fiziolohiia roslyn. 2023. № 1. P. 70–73. [in Ukrainian].
  14. Oliini kultury v Ukraini. [Oilseed crops in Ukraine]. (2008) / Havryliuk M. M., Salatenko V. N., Chekhov A. V., Fedorchuk M. I. Kyiv : Osnova, 420 p. [in Ukrainian].
  15. Chekhova I. V. (2021). Formuvannya ta rozvytok rynku oliinykh kultur: teoriia, metodolohiia, praktyka : monohrafiia. [Formation and development of the oilseed market: theory, methodology, practice: monograph]. Kyiv: Ahrarna nauka, 144 p. [in Ukrainian].
  16. Kokhan A. V. (2016). Biodobryva u tekhnolohii vyroshchuvannia soniashnyku. [Biofertilizers in sunflower cultivation technology]. Podil'skyi visnyk. Vyp.25. P. 34– 39. [in Ukrainian].
  17. Tkachuk O. P., Bondaruk N. V. (2023). Faktory intensyfikatsii ta ekolohizatsii vyroshchuvannia soniashnyku. Ahrarni innovatsii. [Factors of intensification and ecologization of sunflower cultivation]. Ahrarni innovatsi. P. 120–127. [in Ukrainian].
  18. Melnyk S. P. (2019). Ahrobiolohichni osoblyvosti soniashnyku v stepovii zoni Ukrainy. [Agrobiological features of sunflower in the steppe zone of Ukraine]. Visnyk aharnoi nauky. № 98. P. 62–67. [in Ukrainian].
  19. Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii. [Fundamentals of scientific research in agronomy]. (2005) / za red. V. O. Yeshchenko. K. : Diia, 288 p. [in Ukrainian].
  20. Sydiakina O. V., Hamaiunova V. V. (2023). Suchasnyi stan ta perspektyvy vyrobnytstva nasinnia soniashnyku. [Current status and prospects of sunflower seed production]. Tavriiskyi naukovy visnyk. Vyp. 131. P. 196–204. [in Ukrainian].
  21. Chernykh S. A., Lemishko S. M., Pryshedko N. O., Kasianov Ye. O. (2025). Osoblyvosti formuvannia yakisnykh pokaznykiv nasinnia soniashnyku za dii fitoregulatoriv i mikrodobryv v hidrotermichnykh umovakh Pivnichnoho Stepu Ukrainy. [Peculiarities of the formation of quality indicators of sunflower seeds under the action of phyto regulators and microfertilizers in hydrothermal conditions of the Northern Steppe of Ukraine]. Ahrarni innovatsii. № 29. P. 194–199. [in Ukrainian].
  22. Hrytsaienko Z. M., Hrytsaienko A. O., Karpenko V. P. (2003). Metody biolohichnykh ta ahrokhimichnykh

doslidzhen roslyn ta gruntiv : navch. posibnyk. [Methods of biological and agrochemical research of plants and soil : navch. posibnyk]. Kyiv : ZAT NICH LAVA, 320 p. [in Ukrainian].

**Пришедько Н.О., Черних С.А., Лемішко С.М., Касьянов Є.О. Ефективність обробки гібридів соняшнику мікробіологічними інокулянтами та добривами в зоні Степу України.**

Мета. Встановлення впливу обробки гібридів соняшнику мікробіологічними інокулянтами та позакореневого підживлення (однократного) в критичну фазу розвитку (6-8 листків) добривами на продуктивність рослин в степовій зоні України.

Методи. За проведення польових дослідів з використанням рандомізованих повторень з метою оцінювання дії біологічних препаратів та добрив на показники продуктивності рослин соняшнику для забезпечення статистичної основи кількісних відмінностей досліджуваних варіантів.

Результати. Наведені результати продуктивності та показників структури врожайності, одержаних за дворічних досліджень з випробування 2 добрив (Мікрокат, р. та Мікро-Мінераліс, РК), 3 мікробіологічних препаратів (Цидокс Про, суспензії Флорабациліну, НітроМаїс, РН) та 1 інокулянту (BINOC/Сornex, р.) на 3 гібридах соняшнику (ЕС Розалія з середньоранньою групою стиглості та належністю до помірно-інтенсивного типу, середньостиглого інтенсивного гібриду 5053Л СУ та середньораннього помірно інтенсивного високо олеїнового гібриду ЛІД 5038Х) з густотою, рекомендованою для зони недостатнього зволоження (50 тис. рослин/га). Вказані препарати мають високий потенціал для інтенсифікації репродуктивних процесів, що сприяє підвищенню врожайності (формування більшої кількості кошиків, створення збільшеного їх діаметру, та збільшення озерненості) за рахунок використання їх в якості біологічного каталізатору внаслідок формування розвинутої кореневої системи, кращого і швидшого засвоєння елементів живлення, підвищення імунітету та захисту від збудників хвороб.

Висновки. Застосування комбінації, що включає обробку насіння як інокулянтом, так і мікробіологічними препаратами з позакореневим підживленням добривами забезпечує оптимізацію структури врожаю за рахунок зростання продуктивних сім'янок на рослинах кожного з досліджуваних гібридів соняшнику.

**Ключові слова:** біодобрива, бактеріальний препарат, підготовка насіння до сівби, позакореневе підживлення, урожайність.

**Pryshedko N.O., Chernykh S.A., Lemishko S.M., Kasianov E.O. Effectiveness of treatment of sunflower hybrids with microbiological inoculants and fertilizers in the Steppe zone of Ukraine**

Purpose: To determine the effect of treating sunflower hybrids with microbiological inoculants and foliar feeding (one-time) with fertilizers in the critical phase of development (6-8 leaves) on plant productivity in the steppe zone of Ukraine.

Method: Conducting field experiments using randomized replicates to evaluate the effects of biological preparations and fertilizers on sunflower plant productivity indicators to provide a statistical basis for quantitative differences between the studied variants.

**Results.** The results of productivity and yield structure indicators obtained during two-year studies on testing 2 fertilizers (Mikrokat, p. and Mikro-Mineralis, RK), 3 microbiological preparations (Cidox Pro, Florabacillin suspensions, NitroMais, RN) and 1 inoculant (BINOC/Cornex, p.) on 3 sunflower hybrids are presented, (ES Rosalia with a medium-early maturity group and belonging to the moderately intensive type, medium-early intensive hybrid 5053L SU and medium-early moderately intensive high-oleic hybrid LID 5038X) with a density recommended for a zone of insufficient moisture (50 thousand plants/ha). These preparations have a high potential for intensification of reproductive processes, which contributes to increased yield (formation

of a larger number of baskets, creation of their increased diameter, and increase in grain size) by using them as a biological catalyst due to the formation of a developed root system, better and faster absorption of nutrients, increased immunity and protection against pathogens.

**Conclusions.** The use of a combination that includes seed treatment with both inoculant and microbiological preparations with foliar fertilization with fertilizers ensures optimization of the crop structure due to the growth of productive achenes on plants of each of the studied sunflower hybrids.

**Key words:** biofertilizers, bacterial preparation, seed preparation for sowing, foliar feeding, yield.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## ОСОБЛИВОСТІ АГРОФАРМАКОЛОГІЧНОГО ЗАХИСТУ ЗЕРНОВИХ КОЛОСОВИХ КУЛЬТУР В КОНТЕКСТІ ВИМОГ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ

**СЕНИК І.І.** – доктор сільськогосподарських наук

*orcid.org/0000-0003-4756-7824*

Західноукраїнський національний університет

**ШУВАР А.М.** – доктор сільськогосподарських наук, професор

*orcid.org/0000-0002-6016-0896*

Західноукраїнський національний університет

**БЕЛОВА І.М.** – кандидат економічних наук, доцент

*orcid.org/0000-0002-5399-3654*

Навчально-науковий інститут інноватики, природокористування та інфраструктури

Західноукраїнського національного університету

**РИЖАК Р.Г.** – аспірант

*orcid.org/0009-0000-4156-6068*

Західноукраїнський національний університет

**Постановка проблеми.** Україна є аграрною країною, основу її експорту становить сільськогосподарська продукція. За даними Українського клубу аграрного бізнесу у 2025 році її частка у структурі загального експорту становила 56,1 % або 22,53 млрд. дол. Щодо зерна пшениці, то обсяги його експорту склали 13,6 млн. тонн, що еквівалентно 2,99 млрд. дол. [7].

Переважна більшість сільськогосподарської продукції експортується Україною в країни Європейського Союзу [10]. Проте, уже незабаром вітчизняні аграрії зіштовхнуться із вагомою перешкодою – відповідністю використовуваних засобів захисту рослин у сільськогосподарському виробництві Європейським вимогам (від ферми до виделки, зелений курс) [29]. Це зумовлено тим, що діяльність країн ЄС відбувається відповідно до стратегії Європейського Зеленого Курсу [37], якою передбачено як зменшення обсягів використання засобів захисту рослин так і забарона багатьох діючих речовин, що використовуються на даний час в технологіях вирощування сільськогосподарських культур. Це в свою чергу може спричинити зростання собівартості вирощеної продукції та зниження урожайності через пошкодження шкідниками, хворобами та забур'яненість посівів.

За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО) втрати урожаю зернових колосових культур від хвороб та шкідників можуть становити 33-50 % і більше, а від бур'янів 15-35 % [2, 14, 28].

Враховуючи наведені факти, адаптація технологій агрофармакологічного захисту сільськогосподарських культур під стандарти ЄС відіграватиме ключову роль у збереженні експортного потенціалу продукції АПК в майбутньому.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанню агрофармакологічного захисту зернових колосових культур від шкідливих об'єктів на всіх етапах розвитку – від протруювання насіння до збирання урожаю, приділялася значна увага науковців. Встановлено, вплив діючих речовин із різних хімічних класів на процеси росту,

розвитку та формування зернової продуктивності пшениці озимої [11, 19, 23, 24].

Іншими науковцями, доведена необхідність застосування фунгіцидів для обробки вегетаючих рослин зернових колосових культур з метою обмеження поширення фітопатогенних мікроорганізмів [3, 5, 9, 38].

Що стосується інсектицидів, то як свідчать результати досліджень багатьох авторів, то їх застосування є необхідним у технологіях вирощування досліджуваної культури для контролю шкідливих фітофагів [8, 15, 23].

На сьогоднішній день в «Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні» включено велику кількість хімічних препаратів із діючими речовинами різних хімічних класів, які дозволяють контролювати бур'яни на різних етапах розвитку зернових колосових культур [6]. Проведені польові дослідження в різних ґрунтово-кліматичних зонах України підтверджують необхідність застосування гербіцидів для знищення небажаної рослинності у досліджуваних агроценозах [1, 18, 21].

Проте, незважаючи на значну кількість проведених наукових досліджень та багаторічний виробничий досвід, на сьогоднішній день перед українськими сільськогосподарськими товаровиробниками, постала проблема складання систем агрофармакологічного захисту зернових колосових культур в контексті вимог Європейського Союзу щодо застосовуваних діючих речовин.

**Метою досліджень** є порівняльна оцінка діючих речовин агрофармакологічних препаратів різного цільового призначення для побудови ефективних систем захисту зернових колосових культур від шкідливих об'єктів із врахуванням вимог ЄС.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження проводилися шляхом опрацювання спеціалізованих інформаційних ресурсів [25, 33], в яких наведена характеристика діючих речовин та засобів захисту рослин.

**Результати досліджень.** На сьогоднішній день в Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів,



дозволених до використання в Україні включено значну кількість гербіцидних, фунгіцидних та інсектицидних діючих речовин, які дозволяють ефективно контролювати шкідливі організми. Проте із введенням стандартів ЄС ця ситуація може змінитися, що негативно позначиться на обсягах виробництва зернових колосових культур, оскільки буде важко забезпечити контроль шкідників, хвороб і бур'янів дозволеними діючими речовинами.

У зв'язку з цим багато сільськогосподарських підприємств поступово починають переглядати технології агрофармакологічного захисту зернових культур, акцентуючи увагу на діючих речовинах, які дозволені у Європейському Союзі.

Першим етапом у захисті зернових колосових культур від збудників хвороб є протруювання насіння фунгіцидними та інсектицидними протруйниками для контролю сажкових хвороб, кореневих гнилей, снігової плісняви, ґрунтових шкідників на початкових етапах вегетації [13, 17, 20, 31, 32]. В таблиці 1 наведена порівняльна інформація найбільш поширених діючих речовин, які використовуються для протруювання насіння, щодо дозволеності використання в Україні та Європейському Союзі.

Таблиця 1

#### Фунгіцидні та інсектицидні діючі речовини протруйників [25, 33]

| Діюча речовина    | Використання |    |
|-------------------|--------------|----|
|                   | Україна      | ЄС |
| Азоксистробін     | +            | +  |
| Альфа-циперметрин | +            | –  |
| Бета-цифлутрин    | +            | –  |
| Боскалід          | +            | +  |
| Дифеноконазол     | +            | +  |
| Імдаклоприд       | +            | –  |
| Імазаліл          | +            | +  |
| Іпконазол         | +            | –  |
| Карбоксин         | +            | –  |
| Клотіанідин       | +            | –  |
| Крезоксим-метил   | +            | +  |
| Металаксил-М      | +            | +  |
| Піраклостробін    | +            | +  |
| Протіоконазол     | +            | +  |
| Профлораз         | +            | –  |
| Седаксан          | +            | +  |
| Тебуконазол       | +            | +  |
| Тирам             | +            | –  |
| Тіабендазол       | +            | +  |
| Тіаметоксам       | +            | –  |
| Тритіконазол      | +            | +  |
| Фіпроніл          | +            | –  |
| Флудіоксаніл      | +            | +  |
| Флуксапіроксад    | +            | +  |
| Флуопірам         | +            | +  |
| Флутріафол        | +            | –  |
| Хлорантраніліпрол | +            | +  |
| Ципроконазол      | +            | –  |

Примітка: «+» – дозволено до використання; «–» – заборонено до використання

Наступним етапом захисту рослин зернових колосових культур є запобігання поширенню хвороб листя та колосу. Найбільш поширеними з них є септоріоз, борошниста роса, іржа, піренофороз, фузаріоз [4, 13, 16, 26, 30, 34, 35]. В таблиці 2 наведена порівняльна інформація найбільш поширених діючих речовин, які використовуються для захисту посівів зернових колосових культур від хвороб листя та колосу, щодо дозволеності використання в Україні та Європейському Союзі.

Таблиця 2

#### Фунгіцидні діючі речовини для захисту зернових колосових культур від хвороб [25, 33]

| Діюча речовина      | Використання |    |
|---------------------|--------------|----|
|                     | Україна      | ЄС |
| Адепідин            | +            | –  |
| Азоксистробін       | +            | +  |
| Біксафен            | +            | +  |
| Дифеноконазол       | +            | +  |
| Епоксиконазол       | +            | –  |
| Карбендазим         | +            | –  |
| Крезоксим-метил     | +            | +  |
| Метконазол          | +            | +  |
| Метрафенон          | +            | +  |
| Метфентрифлуконазол | +            | +  |
| Міклобутаніл        | +            | –  |
| Пікоксистробін      | +            | –  |
| Піраклостробін      | +            | +  |
| Проквіназид         | +            | +  |
| Пропіконазол        | +            | –  |
| Протіоконазол       | +            | +  |
| Профлораз           | +            | –  |
| Седаксан            | +            | +  |
| Солатенол           | +            | +  |
| Спіроксамін         | +            | +  |
| Тіофанат-метил      | +            | –  |
| Тебуконазол         | +            | +  |
| Трифлуксистробін    | +            | +  |
| Триадименол         | +            | –  |
| Фенпропідин         | +            | +  |
| Фенпропіморф        | +            | –  |
| Флуксапіроксад      | +            | +  |
| Флуопірам           | +            | +  |
| Флуіндапір          | +            | –  |
| Флутріафол          | +            | –  |
| Ципроконазол        | +            | –  |

Примітка: «+» – дозволено до використання; «–» – заборонено до використання

Одночасно із внесення фунгіцидів зазвичай проводять інсектицидний захист посівів зернових колосових культур від шкідників. Протягом всієї вегетації вони можуть пошкоджуватися турунами, попелицями, клопами, трипсами, пильщиками, злаковими мухами [17].

На відміну від фунгіцидних діючих речовин, більшість з яких дозволені у Європейському Союзі, інсектициди в переважній більшості там заборонені, (табл. 3).

Таблиця 3

Інсектицидні діючі речовини для захисту зернових колосових культур від шкідників [25, 33]

| Діюча речовина    | Використання |    |
|-------------------|--------------|----|
|                   | Україна      | ЄС |
| Альфа-циперметрин | +            | –  |
| Ацетаміприд       | +            | +  |
| Бета-цифлутрин    | +            | –  |
| Біфентрин         | +            | –  |
| Гамма-цигалотрин  | +            | –  |
| Дельтаметрин      | +            | +  |
| Диметоат          | +            | –  |
| Імдаклоприд       | +            | –  |
| Лямбда-цигалотрин | +            | +  |
| Сульфоксифлор     | +            | +  |
| Тау-флювалінат    | +            | +  |
| Тіаклоприд        | +            | –  |
| Хлорантраніліпрол | +            | +  |
| Хлорпірифос       | +            | –  |
| Циперметрин       | +            | +  |

Примітка: «+» – дозволено до використання; «–» – заборонено до використання

Серед шкідливих об'єктів у агроценозах зернових колосових культур виділяються бур'яни, оскільки за умов їх неконтрольованого розвитку втрати урожаю можуть становити 15-30% [12].

У зв'язку з цим захисту посівів від сегетальної рослинності, яка представлена різними ботанічними родинами, приділяється особлива увага. В «Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні» включено значний спектр діючих речовин, які забезпечують ефективний контроль небезпечних представників агроценозів зернових колосових культур, частина з них заборонена до використання у країнах Європи, (табл. 4)

Таблиця 4

Гербіцидні діючі речовини [25, 33]

| Діюча речовина               | Використання |    |
|------------------------------|--------------|----|
|                              | Україна      | ЄС |
| 1                            | 2            | 3  |
| Амінопіралід                 | +            | +  |
| Амідосульфурон               | +            | +  |
| Бентазон                     | +            | +  |
| Галауоксифен-метил           | +            | +  |
| Дикамба (диметиламінна сіль) | +            | +  |
| Дифлюфенікан                 | +            | +  |
| Йодосульфурон-метил натрію   | +            | +  |
| Клопіралід                   | +            | +  |
| Мезосульфурон-метил          | +            | +  |
| Метосульфурон-метил          | +            | +  |
| Мефенпір-діетил              | +            | –  |
| Метрибузин                   | +            | –  |
| МЦПА                         | +            | +  |
| Пендиметалін                 | +            | +  |
| Піноксаден                   | +            | +  |
| Піроксулам                   | +            | +  |

Закінчення табл. 4

|                               |   |   |
|-------------------------------|---|---|
| 1                             | 2 | 3 |
| Просульфокарб                 | + | + |
| Просульфурон                  | + | + |
| Тифенсульфурон-метил          | + | + |
| Тіенкарбазон-метил            | + | + |
| Трибенурон-метил              | + | + |
| Тріасульфурон                 | + | – |
| Феноксапроп-П-етил            | + | + |
| Флорасулам                    | + | + |
| Флуметсулам                   | + | – |
| Флуоксипір                    | + | + |
| Хлортолурун                   | + | + |
| 2,4Д (2-етилгексильовий ефір) | + | + |

Примітка: «+» – дозволено до використання; «–» – заборонено до використання

**Висновки.** Таким чином, незважаючи на заборону значної кількості діючих речовин у Європейському Союзі, із тієї кількості, які залишаються дозволеними до використання цілком можливо спроектувати ефективну систему захисту зернових колосових культур від шкідливих об'єктів, що забезпечить отримання високого рівня урожайності. Це вимагає інноваційних підходів для технологій вирощування зернових колосових культур, які будуть адаптовані до європейських вимог.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Бомба М. Я., Бомба М. І. Бур'яни в агрофітоценозах та екологізація заходів щодо контролювання їх чисельності. *Вісник Уманського національного університету*. 2019. № 1. С. 15–20. <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2019-1-15-20>
- Веселовський І. В., Манько І. В., Танчик С. П. та ін. Бур'яни та заходи боротьби з ними. Київ: НМЦ Мін. АПК України. 1998. 240 с.
- Голик Л. М., Поліщук С. В., Райчук Т. М., та ін. Урожайність сортів пшениці озимої та контроль сплахів хвороб на рослинах за умов зміни клімату. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 7 (844). С. 43–52. [https://doi.org/10.31073/agrovisnyk\\_202307-02](https://doi.org/10.31073/agrovisnyk_202307-02)
- Голосна Л., Швець І. Стійкість сортів пшениці озимої на штучному інфекційному фоні *Tilletia caries* (DC) Tui. та *Pyrenophora tritici-repentis* (Died) Drechs в умовах Лісостепу України. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник "Фітосанітарна безпека"*. 2016. 62. С. 85-93. <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2016.62.85-93>
- Григор'єв В. М., Тарасюк В. А., Козіна Т. В. Ефективність фунгіцидів у захисті пшениці озимої від хвороб листя. *Подільський вісник: сільське господарство, машинобудування, економіка*. 2020. 32. С. 17-23. DOI:10.37406/2706-9052-2020-2-2
- Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. URL: <https://mepr.gov.ua/upravlinnya-vidhodamy/derzhavnyj-reyestr-pestytsydiv-i-agrohimikativ-dozvolenyh-do-vykorystannya-v-ukrayini/>. (Дата звернення 18.02.2026).
- Експорт продукції АПК. UCAB Survey. URL: <https://ucab.ua/ucab-survey/eksport-produkciyi-apk-z-ukrayiny-u-2025-roczy-sklav-2253-mlrd-shho-na-2->

- mlrd-menshe-pokaznyuka-2024-roku/. (Дата звернення 18.02.2026).
8. Засць С. О., Рудік О. Л., Онуфран Л. І., Фундират К. С. Ефективність елементів системи захисту пшениці озимої в зоні Степу України на зрошенні. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 112. С. 62-68. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.112.8>
  9. Заїма О., Каліцінська О. Урожайність та якість зерна пшениці м'якої озимої за обприскування посівів фунгіцидами і мікродобрином. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2025. Випуск 77(1). С. 67-76. [https://doi.org/10.32636/01308521.2025-\(77\)-1-6](https://doi.org/10.32636/01308521.2025-(77)-1-6)
  10. Зовнішня торгівля України товарами. Державна служба статистики України. URL: <https://stat.gov.ua/uk/publications/zovnishnya-torhivlya-ukrayiny-tovaryu-za-sichen-lypen-2025-roku-ekspres-vypusk>. (Дата звернення 18.02.2026).
  11. Кліпакова Ю. О., Білоусова З. В., Кенева В. А. Вплив концентрації протруйника на розвиток проростків пшениці озимої. *Аграрні інновації*. 2021. № 7. С. 47-52. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.7.8>
  12. Косолап М. П., Іванюк М.Ф., Примак І. Д., Анісімова А. А., Бабенко А.І. Атлас бур'янів. Навчальний посібник. Київ. НУБІП України. 2022. 136 с.
  13. Марков І. Л., Башта О. В., Гентош Д. Т., Дерменко О. П., Піковський М. Й. Сільськогосподарська фітопатологія. Київ: Інтерсервіс, 2017. 573 с.
  14. Матюха В. Л., Гирка Т. В., Семенов С. С. Фітоценотична стійкість агроценозів пшениці озимої до бур'янів в умовах північного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 131. С. 148-156. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.131.18>
  15. Писаренко П. В., Матюха В. Л., Писаренко П. П., Антоненко Я. В. Ефективність бакових сумішей пестицидів проти шкідників та хвороб у технології вирощування пшениці озимої в Північному Степу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 1. С. 80-89. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.09>
  16. Ретьман С. В., Ключевич М. М. Хвороби листя тритикале та спельти в Поліссі України. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 1. С. 72-75.
  17. Рубан М. Б., Гадзало Я. М., Бобось І. М. та ін. Сільськогосподарська ентомологія. К.: Арістей. 2007. 520 с.
  18. Чала Н. М. Рівень забур'яненості та врожайності посівів пшениці озимої на тлі застосування протруйника Максим, гербіциду Марафон та рістрегулятора Вуксал Аміноплант. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 111. С. 145-191. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.111.20>
  19. Чорноморець В. С. Залежність якості та врожайності пшениці озимої від передпосівного протруювання насіння. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 112. С. 161-165. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.112.23>
  20. Шевчук О. В., Кислих Т. М., Голосна Л. М., Афанасьєва О. Г. Гриби роду *Tilletia* на зерні пшениці озимої. *Карантин і захист рослин*. 2020. 10-12 (263). С. 3-7. DOI: <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2020.10-12.3-7>
  21. Шкатула Ю. М., Рац А. О. Оцінка впливу хімічних заходів на забур'яненість і урожайність пшениці озимої. *Український журнал природничих наук*. № 10 (2024): С. 197-205. DOI: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.10.2024.18>
  22. Яковенко О. М., Черченко М. Й. Ефективність застосування інсектицидів у захисті пшениці озимої від шкідників. *«Агробіологія»*, 2024. № 1. С. 285–293. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2024-187-1-285-293>
  23. Яцух К. І., Ващишин О. А., Пристацька О. Н., Тимчук І. С. Ефективність протруйників проти кореневих гнилей пшениці озимої. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2021. Вип. 70 (1). С. 166-182. [https://doi.org/10.32636/01308521.2021-\(70\)-1-12](https://doi.org/10.32636/01308521.2021-(70)-1-12)
  24. Яцух К., Пристацька О., Нікішичева К., Тимчук І. Вплив комплексного застосування протруйників, стимуляторів росту та мікродобрив для передпосівної обробки насіння на ураженість кореневими гнилями та продуктивність пшениці озимої. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2023. Вип. 74(1). С. 164-183. [https://doi.org/10.32636/01308521.2023-\(74\)-1-11](https://doi.org/10.32636/01308521.2023-(74)-1-11)
  25. Agronomio. База знань для аграріїв. URL: <https://agronomio.com>. (Дата звернення 16.02.2026).
  26. Chen X. Pathogens which threaten food security: *Puccinia striiformis*, the wheat stripe rust pathogen. *Food Sec.* 12, 239–251 (2020). <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01016-z>
  27. FAO. 2021. *Pests of economic importance in Ukraine. Integrated pest management manual*. Budapest. <https://doi.org/10.4060/cb3909en>.
  28. FAO. Climate change: Unpacking the burden on food safety. Food safety and quality series. 2020. No. 8. Rome. Italy. 154 p. DOI: <https://doi.org/10.4060/ca8185en>
  29. From Farm to Fork (F2F) URL: [https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2022-08/3%20Tree%20From%20Farm%20to%20Fork%20Strategy%203%20final\\_297x210mm\\_4%2B4\\_web\\_180822.pdf](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2022-08/3%20Tree%20From%20Farm%20to%20Fork%20Strategy%203%20final_297x210mm_4%2B4_web_180822.pdf). (Дата звернення 11.02.2026).
  30. Gilchrist L., Dubin H.J. Septoria diseases of wheat. URL: <https://www.fao.org/4/y4011e/y4011e0i.htm>. (Дата звернення 11.02.2026).
  31. Hudec K, Muchová D. Influence of temperature and species origin on Fusarium spp. and Microdochium nivale pathogenicity to wheat seedlings. *Plant Protect. Sci.* 2010;46(2):59-65. doi: 10.17221/12/2009-PPS
  32. Nielsen J. Ustilago spp. pathogenic on Aegilops. II. Ustilago tritici. *Canadian Journal of Botany*. 1985. 63(4): 765-771. URL: <https://doi.org/10.1139/b85-097>. (Дата звернення 11.02.2026).
  33. Pesticide Properties Database. URL: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/>. (Дата звернення 16.02.2026).
  34. Pirgozliev S. R., Edwards S. G., Hare M. C. et al. Strategies for the Control of Fusarium Head Blight in Cereals. *European Journal of Plant Pathology*. 2003. 109. 731–742 <https://doi.org/10.1023/A:1026034509247>
  35. Plyhun V, Antonyuk M, Iefimenko T, Ternovska T. Resistance genes to Blumeria graminis and their products in cereals. 5 (2022): *NaUKMA Research Papers. Biology and Ecology*. 2022. 5. 14-24. DOI: <https://doi.org/10.18523/2617-4529.2022.5.14-24>



36. Szabo L. J., Cuomo C. A., Park R. F. *Puccinia graminis*. In: Dean, R., Lichens-Park, A., Kole, C. (eds) *Genomics of Plant-Associated Fungi: Monocot Pathogens*. Springer, Berlin, Heidelberg. 2014. 177-196. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-662-44053-7\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-662-44053-7_8)
  37. The European Green Deal. URL: [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en)
  38. Tymoshchuk T., Kotelnitska H., Gurmanchuk O., Serba I., Yurchyk R., Shchulga O. Control of causative agents of fusarium head blight of winter wheat in applying modern fungicides. *Scientific Horizons*. 2020. 23(8), 112-118. 10.33249/2663-2144-2020-93-8-112-118
- REFERENCES:**
1. Bomba, M. Ia., Bomba, M.I. (2019). Burianny v ahrofitotsenozakh ta ekolohizatsiia zakhodiv shchodo kontroliu-vannia yikh chyselnosti. [Weeds in agrophytocenoses and ecologization of measures to control their number]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu*. № 1. S. 15–20. <https://doi.org/10.31395/2310-0478-2019-1-15-20> [in Ukrainian].
  2. Veselovskyi, I. V., Manko, I. V., Tanchyk, S. P. (1998). Burianny ta zakhody borotby z nymy [Weeds and measures to combat them]. Kyiv: NMTs Min. APK Ukrainy. 240 s. [in Ukrainian].
  3. Holyk, L. M., Polishchuk, S. V., Raichuk, T. M. (2023). Urozhainist sortiv pshenytsi ozymoi ta kontrol spalakhiv khvorob na roslynakh za umov zminy klimatu. [Yield of winter wheat varieties and control of plant disease outbreaks under climate change]. *Visnyk ahraryi nauky*. № 7 (844). S. 43–52. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk.202307-02> [in Ukrainian].
  4. Holosna, L., Shvets, I. (2016). Stiikist sortiv pshenytsi ozymoi na shchodnomu infektsiinomu foni *Tilletia caries* (DC) Tui. ta *Pyrenophora tritici-repentis* (Died) Drechs v umovakh Lisostepu Ukrainy. [Resistance of winter wheat varieties to artificial infection background of *Tilletia caries* (DC) Tui. and *Pyrenophora tritici-repentis* (Died) Drechs in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine]. *Mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk "Fitosanitarna bezpeka"*. № 62. S. 85-93. <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2016.62.85-93> [in Ukrainian].
  5. Hryhoriev V. M., Tarasiuk V. A., Kozina T. V. (2020). Efektyvnist funhitsydiv u zakhysti pshenytsi ozymoi vid khvorob lystia. [The effectiveness of fungicides in protecting winter wheat from leaf diseases]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, mashynobuduvannia, ekonomika*. № 32. S. 17-23. DOI:10.37406/2706-9052-2020-2-2 [in Ukrainian].
  6. Derzhavnyi reiestr pestytsydiv i ahrokhimikativ, dozvolenykh do vykorystannia v Ukraini. [State Register of Pesticides and Agrochemicals Allowed for Use in Ukraine]. URL: <https://mepr.gov.ua/upravlinnya-vidhodamy/derzhavnyj-reiestr-pestytsydiv-i-agrokhimikativ-dozvolenykh-do-vykorystannya-v-ukrayini/>. [in Ukrainian].
  7. Eksport produktii APK. [Export of agricultural products]. UCAB Survey URL: <https://ucab.ua/ucab-survey/eksport-produktsiyi-apk-z-ukrayiny-u-2025-roczni-sklav-2253-mlrd-shho-na-2-mlrd-menshe-pokaznyka-2024-roku/>. [in Ukrainian].
  8. Zaiets S.O., Rudik O.L., Onufrii L.I., Fundyrat K.S. (2020) Efektyvnist elementiv systemy zakhystu psheynytsi ozymoi v zoni Stepu Ukrainy na zroshenni. [Effectiveness of elements of the winter wheat protection system in the Ukrainian Steppe zone under irrigation]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. № 112. S. 62-68. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.112.8> [in Ukrainian].
  9. Zaima O., Kalitsinska O. (2025) Urozhainist ta yakist zerna psheynytsi miakoi ozymoi za obpryskuvannia posiviv funhitsydiv i mikrodobryvom [Yield and quality of soft winter wheat grain after spraying crops with fungicides and microfertilizers]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynystvo*. Vyp. 77 (1). S. 67-76 [https://doi.org/10.32636/01308521.2025-\(77\)-1-6](https://doi.org/10.32636/01308521.2025-(77)-1-6) [in Ukrainian].
  10. Zovnishnia torhivlia Ukrainy tovaramy. (2026). [Ukraine's foreign trade in goods]. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. URL: <https://stat.gov.ua/uk/publications/zovnishnya-torhivlya-ukrayiny-tovaramy-zasichen-lypen-2025-roku-ekspres-vypusk>. [in Ukrainian].
  11. Klipakova Yu.O., Bilousova Z.V., Kenieva V.A. (2021) Vplyv kontsentratsii protruinyka na rozvytok prorostkiv psheynytsi ozymoi. [The effect of pesticide concentration on the development of winter wheat seedlings]. *Ahraryi innovatsii*. № 7. S. 47-52. DOI: <https://doi.org/10.32848/ahraryi.innov.2021.7.8> [in Ukrainian].
  12. Kosolap M. P., Ivaniuk M. F., Prymak I. D., Anisymova A. A., Babenko A. I. (2022) Atlas bur'ianiv. Navchalnyi posibnyk. [Atlas of weeds. Textbook]. Kyiv. NUBiP 136 s. [in Ukrainian].
  13. Markov I. L., Bashta O. V., Hentosh D. T., Dermenko O. P., Pikovskyi M. Y. (2017). Silskohospodarska fitopatolohiia. [Agricultural Phytopathology]. Kyiv: Interservis. 573 s. [in Ukrainian].
  14. Matiukha V.L., Hyrka T.V., Semenov S.S. (2023). Fitotsenotychna stiikist ahrotsenoziv psheynytsi ozymoi do burianiv v umovakh pivnichnoho Stepu Ukrainy. [Phytocenotic resistance of winter wheat agroecosystems to weeds in the conditions of the northern Steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. № 131. S. 148-156. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.131.18> [in Ukrainian].
  15. Pysarenko P.V., Matiukha V.L., Pysarenko P.P., Antonenko Ya.V. (2021) Efektyvnist bakovykh sumishei pestytsydiv proty shkidnykh ta khvorob u tekhnolohii vyroshchuvannia psheynytsi ozymoi v Pivnichnomu Stepu Ukrainy [Effectiveness of tank mixtures of pesticides against pests and diseases in the technology of growing winter wheat in the Northern Steppe of Ukraine]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahraryi akademii*. № 1. S. 80-89. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.09> [in Ukrainian].
  16. Retman S. V., Kliuchevych M.M. (2017). Khvoroby lystia trytykale ta spelty v Polissi Ukrainy. [Leaf diseases of triticale and spelt in Polissya Ukraine]. *Ahroekolohichni zhurnal*. № 1. S. 72-75. [in Ukrainian].
  17. Ruban M. B., Hadzalo Ya. M., Bobos I. M. (2007) Silskohospodarska entomolohiia. [Agricultural entomology]. Kyiv. Aristei. 520 s. [in Ukrainian].
  18. Chala N.M. (2020). Riven zaburianenosti ta vrozhaingosti posiviv psheynytsi ozymoi na tli zastosuvannia protruinyka Maksym, herbitsydu Marafon ta ristrehuliatora Vuksal Aminoplant. [The level of weed infestation and yield of winter wheat crops against the background of the use of the fungicide Maksym, the herbicide Marathon

- and the growth regulator Wuksal Aminoplant]. *Tavriyskiy naukovyi visnyk*. № 111. S. 145-191. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.111.20> [in Ukrainian].
19. Chornomorets V.S. (2020). Zalezhnist yakosti ta vrozhaivosti pshenytsi ozymoi vid peredposivnoho protreivuvannya nasinnia. [Dependence of winter wheat quality and yield on pre-sowing seed treatment]. *Tavriyskiy naukovyi visnyk*. № 112. S. 161-165. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.112.23> [in Ukrainian].
  20. Shevchuk O.V., Kyslykh T.M., Holosna L.M., Afanasieva O.H. (2020) Hryby rodu *Tilletia* na zerni pshenytsi ozymoi. Mushrooms of the genus *Tilletia* on winter wheat grains. *Karantyn i zakhyst roslyn*. № 10-12 (263). S. 3-7. DOI: <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2020.10-12.3-7> [in Ukrainian].
  21. Shkatula Yu.M., Rats A.O. (2024) Otsinka vplyvu khimichnykh zakhodiv na zaburianenist i urozhaivist pshenytsi ozymoi. [Assessment of the impact of chemical measures on weediness and yield of winter wheat]. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnych nauk*. № 10. S. 197-205. DOI: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.10.2024.18> [in Ukrainian].
  22. Yakovenko O.M., Cherchenko M.I. (2024). Efektyvnist zastosuvannya insektytsydiv u zakhysti pshe-nytsi ozymoi vid shkidnykh [The effectiveness of insecticide use in protecting winter wheat from pests]. *"Ahrobiolohiia"*. № 1. S. 285–293. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2024-187-1-285-29> [in Ukrainian].
  23. Yatsukh K.I., Vashchyshyn O.A., Prystatska O.N., Tymchuk I.S.I.S. (2021). Efektyvnist protreivuvannya proty korenevnykh hnylei pshenytsi ozymoi. [Effectiveness of fungicides against root rot of winter wheat. Foothill and mountain agriculture and animal husbandry]. *Vyp. 70 (1)*. S. 166-182. <https://doi.org/10.32636/01308521.2021-70-1-12> [in Ukrainian].
  24. Yatsukh K., Prystatska O., Nikishycheva K., Tymchuk I. (2023). Vplyv kompleksnoho zastosuvannya protreivuvannya, stymuliatoriv rostu ta mikrodbryv dlia peredposivnoi obrobky nasinnia na urazhenist korenevymy hnyliamy ta produktyvnist pshenytsi ozymoi. [The effect of complex use of pesticides, growth stimulants and microfertilizers for pre-sowing seed treatment on root rot infestation and productivity of winter wheat]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. Vyp 74(1), 164-183. <https://doi.org/10.32636/01308521.2023-74-1-11> [in Ukrainian].
  25. Agronomio. Baza znan dlia ahrariiv. [Agronomio. Knowledge base for farmers]. URL: <https://agronomio.com> [in Ukrainian].
  26. Chen X. (2020) Pathogens which threaten food security: *Puccinia striiformis*, the wheat stripe rust pathogen. *Food Sec.* 12. 239–251. <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01016-z>,
  27. FAO. (2021). Pests of economic importance in Ukraine. *Integrated pest management manual*. Budapest. <https://doi.org/10.4060/cb3909en>.
  28. FAO. (2020). Climate change: Unpacking the burden on food safety. Food safety and quality series. Rome. Italy. 154 p. DOI: <https://doi.org/10.4060/ca8185en>
  29. From Farm to Fork (F2F) URL: [https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2022-08/3%20Tree%20From%20Farm%20to%20Fork%20Strategy%203%20final\\_297x210mm\\_4%2B4\\_web\\_180822.pdf](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2022-08/3%20Tree%20From%20Farm%20to%20Fork%20Strategy%203%20final_297x210mm_4%2B4_web_180822.pdf).
  30. Gilchrist L., Dubin H.J. Septoria diseases of wheat. URL: <https://www.fao.org/4/y4011e/y4011e0i.htm>.
  31. Hudec K, Muchová D. (2010). Influence of temperature and species origin on *Fusarium* spp. and *Microdochium nivale* pathogenicity to wheat seedlings. *Plant Protect. Sci.* 46(2):59-65. doi: 10.17221/12/2009-PPS.
  32. Nielsen J. (1985) *Ustilago* spp. pathogenic on *Aegilops*. II. *Ustilago tritici*. *Canadian Journal of Botany*. 63(4): 765-771. URL: <https://doi.org/10.1139/b85-097>.
  33. Pesticide Properties Database. URL: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/>.
  34. Pirgozliev, S.R., Edwards, S.G., Hare, M.C. *et al.* (2003). Strategies for the Control of *Fusarium* Head Blight in Cereals. *European Journal of Plant Pathology*. 109. 731–742 <https://doi.org/10.1023/A:1026034509247>
  35. Plyhun V, Antonyuk M, Iefimenko T, Ternovska T. (2022). Resistance genes to *Blumeria graminis* and their products in cereals. *NaUKMA Research Papers. Biology and Ecology*. 5. 14-24. DOI: <https://doi.org/10.18523/2617-4529.2022.5.14-24>
  36. Szabo, L.J., Cuomo, C.A., Park, R.F. (2014). *Puccinia graminis*. In: Dean, R., Lichens-Park, A., Kole, C. (eds) *Genomics of Plant-Associated Fungi: Monocot Pathogens*. Springer, Berlin, Heidelberg. 177-196. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-662-44053-7\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-662-44053-7_8)
  37. The European Green Deal. URL: [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en)
  38. Tymoshch T., Kotelnysk H., Gurmanc O., Serba I., Yurchyk R., ShchuO. (2020). Control of causative agents of fusarium head blight of winter wheat in applying modern fungicides. *Scientific*. 23(8), 112-118. 10.33249/2663-2144-2020-93-8-112-118

**Сеник І.І., Шувар А.М., Белова І.М., Рижак Р.Г.**  
**Особливості агрофармакологічного захисту зерно-вих колосових культур в контексті вимог європейського союзу**

**Метою досліджень** є порівняльна оціна діючих речовин агрофармакологічних препаратів різного цільового призначення для побудови ефективних систем захисту зернових колосових культур від шкідливих об'єктів із врахуванням вимог ЄС.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження проводилися шляхом опрацювання спеціалізованих інформаційних ресурсів, в яких наведена характеристика діючих речовин та засобів захисту рослин.

**Результати.** В процесі проходження продукційного процесу агроценози зернових колосових культур піддаються негативному впливу шкідливих об'єктів, які можуть суттєво знизити їх урожайність або спричинити повну загибель рослин. Основними представниками шкідливої ентомофауни є дрітняки, жуки, попелиці, клопи, трипси, пильщики, злакові мухи. Серед хвороб в основному виділяються сажкові хвороби, кореневі гнилі, снігова пліснява, септоріоз листя, види іржі, піренофороз, фузаріоз колоса. Сергетальна рослинність представлена однорічними та багаторічними видами, які створюють конкуренцію культурним рослинам за воду, світло, поживні речовини.

В контексті переходу України на стандарти Євросоюзу в питанні використання засобів захисту рослин виникає проблема невідповідності застосовуваних діючих речовин європейським вимогам. Тому надзвичайно важливо адаптувати вітчизняні технології агрофармакологічного

захисту агроценозів зернових колосових культур запитами ЄС. Встановлено, що значна кількість дозволених та всебічно використовуваних в Україні хімічних сполук не відповідає вимогам, які в майбутньому ставитимуться до експортованого зерна. До цього списку належать діючі речовини препаратів призначених як для протруювання насіння так і для фоліарного внесення під час вегетації зернових колосових культур. Особливо відчутним є заборона діючих речовин хімічного класу неонікотиноїдів (імідаклоприд, тіаклоприд, тіаметоксам, клотіанідин) та синтетичних піретроїдів (альфа-циперметрин, бета-цифлутрин, біфентрин, гамма-цигалотрин). Проте, це не є критичною ситуацією, оскільки переважна більшість хімічних сполук дозволені до використання в Європейському Союзі.

**Висновки.** Незважаючи на заборону значної кількості діючих речовин у продукції, яка експортуватиметься за межі України, із тієї кількості, що залишаються дозволеними до використання, цілком можливо спроектувати ефективну систему захисту зернових колосових культур від шкідливих об'єктів, що забезпечить отримання високого рівня урожайності.

**Ключові слова:** пшениця, ячмінь, гербіциди, інсектициди, протруйники, фунгіциди, шкідливі об'єкти

**Senyk I.I., Shuvar A.M., Belova I.M., Ryzhak R.H.**  
**Features of agropharmacological protection of cereal crops in the context of European Union requirements**

**The aim of the research** is to conduct a comparative assessment of the active ingredients of agro-pharmacological preparations for various purposes in order to develop effective systems for protecting cereal crops from harmful organisms, taking into account EU requirements.

**Materials and research methods.** The research was conducted by studying specialised information resources that describe the characteristics of active substances and plant protection products.

**Results.** During the production process, agroecosystems of cereal crops are exposed to the negative impact of harmful organisms, which can significantly reduce their yield or cause complete plant death. The main representatives of harmful entomofauna are wireworms, turuns, aphids, bedbugs, thrips, sawflies, and cereal flies. Among the diseases, the main ones are smut diseases, root rot, snow mould, leaf septoria, rust species, pyrenophora, and fusarium head blight. Segetal vegetation consists of annual and perennial species that compete with cultivated plants for water, light and nutrients.

In the context of Ukraine's transition to EU standards on the use of plant protection products, there is a problem of non-compliance of the active substances used with European requirements. Therefore, it is extremely important to adapt domestic technologies for the agropharmacological protection of cereal crop agroecosystems to EU requirements. It has been established that a significant number of chemical compounds that are permitted and widely used in Ukraine do not meet the requirements that will be imposed on exported grain in the future. This list includes active ingredients in preparations intended for both seed treatment and foliar application during the growing season of cereal crops. Particularly significant is the ban on active substances of the chemical class of neonicotinoids (imidacloprid, thiacloprid, thiamethoxam, clothianidin) and synthetic pyrethroids (alpha-cypermethrin, beta-cyfluthrin, bifenthrin, gamma-cyhalothrin). However, this is not a critical situation, as the vast majority of chemical compounds are permitted for use in the European Union.

**Conclusions.** Despite the ban on a significant number of active substances in products to be exported outside Ukraine, it is entirely possible to design an effective system for protecting cereal crops from harmful organisms from among those substances that remain permitted for use, which will ensure high yields.

**Key words:** wheat, barley, herbicides, insecticides, seed treatments, fungicides, harmful objects

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026  
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026  
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## ВПЛИВ КОМПЛЕКСНИХ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ НА УРОЖАЙНІСТЬ НАСІННЯ СОРТІВ ТА ЛІНІЙ СОЧЕВИЦІ

**СЕРГЕЄВ Л.А.** – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник  
[orcid.org/0000-0003-4169-8938](https://orcid.org/0000-0003-4169-8938)

Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кліматично  
орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України  
**КОГУТ І.М.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
[orcid.org/0000-0002-4418-5954](https://orcid.org/0000-0002-4418-5954)

Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кліматично  
орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України  
**МАРЧЕНКО Т.Ю.** – доктор сільськогосподарських наук, професор  
[orcid.org/0000-0001-6994-3443](https://orcid.org/0000-0001-6994-3443)

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства  
Національної академії аграрних наук України  
Одеський державний аграрний університет

**СОЛОМОНОВ Р.В.** – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник  
[orcid.org/0000-0002-6186-4676](https://orcid.org/0000-0002-6186-4676)

Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кліматично  
орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України  
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства  
Національної академії аграрних наук України  
Одеський державний аграрний університет

**МАРЧЕНКО В.Д.** – студентка  
[orcid.org/0009-0009-8010-8284](https://orcid.org/0009-0009-8010-8284)

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

**Постановка проблеми.** Вивчення впливу комплексних мікроелементів з рістрегулюючими властивостями є перспективним та актуальним, особливо в умовах змін клімату. Застосування біопрепаратів сприяє реалізації закладених в організмі потенційних можливостей, у тому числі певних імунних реакцій, підвищує продуктивність рослин та сприяє реалізації генотипових задатків сортів та гібридів. Питанню широкого використання біопрепаратів у землеробстві приділяють значну увагу в більшості економічно розвинених країн: Франції, Великій Британії, Німеччині, Швейцарії, США тощо.

В Україні та закордоном проводяться розробки постіндустріального ведення аграрного виробництва з використанням біотехнологічних альтернатив для удобрення та біологічного захисту рослин, точного землеробства, мінімізації деградації структури ґрунту. Застосування комплексних біопрепаратів дозволяє зменшити антропогенний вплив аграрного виробництва на довкілля з одночасним зменшенням енергетичних і матеріальних витрат та підвищенням якісних показників отриманої продукції.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В Україні сочевиця малопоширена, однак у країнах Азії та Західної Європи вона лишається цінною продовольчою культурою, адже належить до культур із досить високою посухо- і холодостійкістю, добре пристосована до вирощування в умовах помірного клімату [1]. Середня урожайність сочевиці становить 1,5 т/га. Проте,

закупівельні ціни на її зерно досить високі, майже в 3 рази перевищують ціни на зерно пшениці озимої. Це характеризує сочевицю не лише як корисну, але і прибуткову культуру. В Україні на невеликих площах її сіють у Вінницькій, Полтавській, Київській, Дніпропетровській, Кіровоградській, Одеській, Хмельницькій областях. Основна причина недостатнього поширення цієї культури – її низькорослість, що створює проблеми при збиранні врожаю [2].

Сочевиця (*Lens culinaris* Medik.) – одна з найбільш цінних зернобобових культур. За поживністю і харчовими якостями дана культура не має собі рівних. До складу білка, вміст якого сягає 36 % і добре засвоюється організмом людини (на 86 %), входять усі незамінні амінокислоти [3]. Крім білку сочевиця містить 56–58 % безазотистих екстрактивних речовин, 1–2 % жирів, 3–4 % клітковини, 0,15–0,17 % кальцію та 0,3 – 0,4 % фосфору [4, 5].

Сочевиця має великий генетичний потенціал урожайності, високу поживну цінність, а також є пластичною культурою до змінних погодних умов. Вона, разом з іншими зернобобовими культурами, відіграє важливу роль у збільшенні ресурсів азоту в землеробстві, підвищенні родючості ґрунту, забезпеченні екологічної стабільності меліорованих агроландшафтів, біологізації сільськогосподарського виробництва, тощо. За період вегетації сочевиця здатна акумулювати в симбіозі з бульбочковими бактеріями до 40-90 кг/га екологічно



безпечного азоту, що робить її добрим попередником в сівоzmінах, а насіння – екологічно чистим продуктом харчування. Не зважаючи на високу споживчу цінність культури, площі посівів під сочевицею є нестабільними, а врожайність низькою, що обумовлює незначний ареал поширення сочевиці, а його збільшення залежить від впровадження у виробництво пристосованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов технологій вирощування [6, 7].

За результатами досліджень Холод С.М. та інші проаналізовані зразки сочевиці, що мають походження з Лівану, за параметрами технологічності, продуктивністю та її складовими елементами. Визначено, що до найменш варіабельних ознак належать «тривалість періоду сходи–цвітіння» та «тривалість періоду сходи–дозрівання», а до найбільш варіабельних – «маса насіння з рослини», «кількість бобів на рослині» та «кількість насінин на рослині». Найбільш тісним позитивним є кореляційний зв'язок між ознаками «висота рослини» і «висота прикріплення нижнього бобу», між «продуктивністю» і «кількістю бобів на рослині» та між «продуктивністю» та «кількістю насінин з рослини». Показники продуктивності рослини були високими завдяки як підвищеній кількості насінин, так і кількості бобів на рослині [8].

Серед бобових культур сочевиця є важливою харчовою культурою, зважаючи на її глобальне виробництво, торгівлю та популярність серед кінцевих споживачів [9]. Тому широко застосовується як у дієтичному, так і в повсякденному харчуванні [10, 11]. Вона характеризується великим генетичним потенціалом урожайності та високою поживною цінністю, а також пластичністю до мінливих погодних умов. Сочевиця поряд з іншими зернобобовими культурами виконує важливу функцію у збільшенні азоту в землеробстві, підвищенні родючості ґрунтів, сприянні екологічній стабільності меліорованих агроландшафтів, біологізації сільськогосподарського виробництва тощо [12, 13]. Наразі найбільші посівні площі сочевиці знаходяться в таких країнах, як Австралія, Індія, Канада, Туреччина. Основними експортерами зерна сочевиці є Канада й Австралія [14]. Перспектива щодо вирощування сочевиці в Україні полягає в тому, що наявний кліматичний потенціал дає змогу при використанні наявних сортів отримувати конкурентний рожай.

Урожайність сочевиці наразі залишається на достатньо низькому рівні, як в Україні, так і в інших країнах. Для збільшення продуктивного потенціалу цієї культури важливого значення набуває дослідження її генофонду, напрями збільшення генетичного різноманіття завдяки гібридизації та удосконалення елементів агротехнології. Отже, найбільш актуальною в цьому напрямі є створення та добір селекційного матеріалу, адаптованого до умов певного регіону та дослідження впливу елементів органічного землеробства, зокрема дії комплексних мікроелементів.

**Мета досліджень.** Удосконалення елементів оптимізованої технології вирощування насіння сочевиці з високими посівними якостями. Встановити вплив комплексних мікроелементів на урожайність насіння сортів та новосторених ліній сочевиці, т/га.

**Матеріали та методика досліджень.** Польовий – для спостереження за ростом і розвитком рослин, погодно-кліматичними умовами навколишнього середовища та іншими досліджуваними чинниками; вимірювально-ваговий – параметрів структури врожаю, урожайності; математично-статистичний – для проведення дисперсійного аналізу і статистичної обробки даних з метою оцінки достовірності отриманих результатів досліджень.

Польові дослідження проведено на дослідному полі Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН у 2023-2025 роках з метою оптимізації технології вирощування сочевиці на півдні України в умовах змін клімату. Дослідне поле розташоване у смт. Хлібодарське, Біляївського (нині Одеський) район, Одеської області. Вміст доступних макроелементів у ґрунті під час років дослідження було: N (легкогідролізований) – 2,60 мг/100г ґрунту (відповідно до чинного ДСТУ 7863:2015);  $P_2O_5$  – 6,25 мг/100 г ґрунту; і  $K_2O$  – 17,4 мг/100 г ґрунту (відповідно до чинного ДСТУ 4115:2002).

Розмір ділянок та розташування: ділянки 15 м<sup>2</sup> (10 x 1,5 м). Захисна смуга: 6 м. Повторність досліду – чотириразова.

В дослідженнях використовували інноваційні комплексні добриво вітчизняного виробництва.

**«Ярило Активний старт PRO»** (компанія ТОВ «Ярило») – спеціальне добриво призначене для позакореневого внесення та обробки посівного матеріалу. Всі складові добрива відповідають фізіологічним потребам більшості культур та здатні задовольнити потреби сходів у період, коли коренева система ще не здатна у повній мірі забезпечити повноцінне живлення. В складі продукту поряд з основними макро- і мікроелементами є амінокислоти та фітогормони. Фосфор забезпечує розвиток кореневої системи та є необхідним для живлення рослин на ранніх етапах росту і розвитку. Амінокислоти підвищують стійкість до несприятливих умов зовнішнього середовища, скорочують енергетичні витрати, які рослина витрачає на виробництво білків. Збалансоване співвідношення фітогормонів ауксину та цитокініну направлене на стимулювання клітинного поділу у коренях та пагонах. Прилипач у складі добрива забезпечує утворення гідрофобного поверхневого шару навколо обробленого насіння який утримує компоненти бакової суміші на поверхні та захищає його від «провокаційних» опадів. Гумати підсилюють коренеутворення та стимулюють ріст і розвиток рослин.

**«Авангард Комплекс Бобові»** (компанія Ukravit) – комплексне концентроване легкозасвоюване бобовими культурами добриво, яке містить збалансоване співвідношення макро-, мезо- та мікроелементів. За хімічним складом відповідає фізіології мінерального живлення бобових культур – сої, гороху, квасолі, бобів, нуту та ін.

Для здійснення фенологічних спостережень, а також для обліку густоти рослин на етапі сходів і перед збиранням врожаю, була використана «Методика державного сортопробування сільськогосподарських культур (2001)».

Дослідження проводили за загальноновизнаною методикою польового досліду за авторства Ушкаренка В.О.

та співавторів [16] з допомогою комп'ютерних програм, таких як AGROSTAT NEW та ANOVA.

**Результати досліджень.** Удосконалення технології вирощування сочевиці в Україні дозволить підвищити рівень врожайності та покращити показники якості зерна, особливо на основі принципів ресурсозбереження, що буде досить важливим у повоєнний період відновлення України.

Урожайність насіння є інтегральним показником, що відображає ефективність дії агротехнічних прийомів, зокрема застосування позакоренових підживлень. Отримані результати свідчать, що обробка посівів сочевиці комплексними мікроелементами позитивно вплинула на формування врожайності у всіх досліджуваних сортів та ліній, забезпечуючи суттєве зростання цього показника порівняно з контролем.

В останні роки спостерігали досить посушливі умови, тому врожайність сочевиці виявилась невисокою. У всіх сортозразків сочевиці у варіанті з внесенням суміші «Ярило активний старт PRO» + «Авангард Комплекс Бобові» була зафіксована найбільша врожайність (табл. 1).

На врожайність насіння, впливають кілька ключових факторів: Сорт (Фактор А) – різні сорти (Антоніна, Серпанок, Даринка) мають різну генетичну основу, що впливає на їхню продуктивність і стійкість до хвороб та обробка комплексними мікроелементами (Фактор В). Врожайність насіння є результатом комплексної взаємодії цих факторів. Важливо враховувати всі аспекти для оптимізації врожайності.

Найвища врожайність насіння сочевиці сорту Даринка була отримана на дослідних ділянках, де застосовувалися суміші «Ярило активний старт PRO» + «Авангард Комплекс Бобові». В середньому за роки досліджень врожайності сорту Даринка за обробки суміші препаратів склала – 2,47 т/га, що перевищує контрольний варіант на 0,58 т/га або на 31 %. Окреме використання «Ярило активний старт PRO» підвищило врожайність на 0,23 т/га або на 12 %, а «Авангард Комплекс Бобові» – на 0,45 т/га або на 24 %.

Найвищий рівень урожайності насіння сорту Даринка спостерігався у 2025 році на ділянці з обробкою «Ярило активний старт PRO» + «Авангард Комплекс Бобові» – 2,55 т/га, зростання врожайності в порівнянні з контрольним варіантом цього ж року показало приріст урожайності на 0,62 т/га або 32,1 %.

Найвища врожайність насіння сочевиці сорту Антоніна була отримана на ділянках, де застосовувались у суміші «Ярило активний старт PRO» + «Авангард Комплекс Бобові». В середньому протягом досліджуваних років величина врожайності при застосуванні препаратів в суміші «Ярило активний старт PRO» + «Авангард Комплекс Бобові» становила 1,97 т/га, що перевищує контрольний варіант на 0,82 т/га. Окреме використання «Ярило активний старт PRO» підвищило врожайність на 0,16 т або на 13,9 %, застосування «Авангард Комплекс Бобові» – на 0,33 т або на 26,9 %. Найвища урожайність насіння сочевиці сорту Антоніна спостерігалась обробкою за «Ярило активний старт PRO» + «Авангард Комплекс Бобові» у 2025 році – 2,02 т/га, що більше контрольного варіанту на 0,85 т/га.

Максимальна врожайність рослини сочевиці сорту Серпанок була отримана на ділянках, де застосовувалося внесення суміш «Ярило активний старт PRO» + «Авангард Комплекс Бобові». У середньому за роки досліджень значення врожайності при застосуванні препаратів у суміші «Ярило активний старт PRO» + «Авангард Комплекс Бобові» склало 2,16 т/га, що перевищує контрольний варіант на 0,55 т/га або на 34,2 %. Окреме внесення «Ярило активний старт PRO» підвищило врожайність на 0,25 т/га або на 7,5 %, а внесення «Авангард Комплекс Бобові» – на 0,43 т/га або на 18,6 %.

Максимальна врожайність рослини новоствореної лінії сочевиці була отримана на ділянках, де застосовувалося внесення в суміш «Ярило активний старт PRO» + «Авангард Комплекс Бобові». У лінії Яр 03–23 урожайність підвищилася в середньому з 1,92 до 2,53 т/га, або на 31,7 %; у Яр 05–23 – з 1,91 до 2,56 т/га (+34,1 %); у Яр 07–23 – з 1,26 до 2,00 т/га, що є одним із найбільших приростів (+58,7 %); у Яр 11–23 – з 1,96 до 2,55 т/га (+30,1 %); у Яр 15–23 – з 1,97 до 2,54 т/га (+28,9 %).

Отже, усі досліджувані лінії характеризуються позитивною реакцією на позакоренове підживлення, особливо при поєднанні двох препаратів. Найвищі результати одержано для ліній Яр 05–23 та Яр 11–23, Яр 15–23 урожайності яких досягала 2,54–2,56 т/га.

Отримані результати досліджень виявили, що оптимальні умови для досягнення максимальної індивідуальної продуктивності рослин сочевиці сортів Даринка, Антоніна та Серпанок та новостворених ліній включають застосування препаратів в суміші «Ярило активний старт PRO» + «Авангард Комплекс Бобові».

Мікроелементи, особливо бор і молібден, активізують процеси утворення бобів і формування білка, цинк і залізо беруть участь у синтезі хлорофілу, ферментів та нуклеїнових кислот. Це забезпечує повніше запилення квіток, зменшення абортів зав'язі та кращий налив насіння. Отже, структура врожаю формується більш збалансовано, що зумовлює підвищення якості та кількості врожаю.

Підвищення урожайності обумовлене поліпшенням асиміляційної здатності листового апарату, активізацією фотосинтетичних процесів та формуванням більшої кількості бобів і насіння на рослині. Мікроелементи сприяють посиленню білкового обміну, покращують утворення ферментів і гормонів росту, що в сукупності забезпечує інтенсивніший налив насіння та підвищення його маси.

Для з'ясування кореляцій маси 1000 зерен з урожайністю насіння було розраховано тісноту кореляційного зв'язку. Встановлено наявність криволінійного кореляційного зв'язку між врожайністю насіння сортів та ліній сочевиці та масою 1000 насінин (рис. 1).

На рисунку відображено залежність маси 1000 насінин (г) з урожайністю (т/га) для різних сортів і ліній сочевиці. Вісь вісь Х – урожайність, т/га (від 1,1 до 2,7 т/га), вісь Y – маса 1000 насінин, г (від 30 до 75 г).

Сорт Даринка показав сильний позитивний зв'язок ( $r = 0,95$ ) маси 1000 насінин з урожайністю. Лінія Яр 03–23 ( $r = 0,94$ ), Серпанок ( $r = 0,91$ ), Лінія Яр 07–23 ( $r = 0,90$ ), Лінії Яр 11–23 та Яр 15–23 ( $r = 0,89$ ) – також встановлений сильний прямий зв'язок. Для цих генотипів підвищення маси 1000 насінин супроводжується стабільним збільшенням врожайності.

Таблиця 1.

Вплив комплексних мікроелементів на урожайність насіння сортів та новосторених ліній сочевиці, т/га

| Фактор А,<br>сорт, лінія | Фактор В,<br>Комплексні мікроелементи                  | Урожайність насіння, т/га |             |             |             | В середньому<br>за фактором, т/га |             |
|--------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-----------------------------------|-------------|
|                          |                                                        | 2023                      | 2024        | 2025        | Середнє     | А                                 | В           |
| 1                        | 2                                                      | 3                         | 4           | 5           | 6           | 7                                 | 8           |
| Антоніна                 | Контроль I (без обробки)                               | 1,13                      | 1,15        | 1,17        | <b>1,15</b> | 1,41                              | <b>1,70</b> |
|                          | Контроль II (обробка водою)                            | 1,17                      | 1,16        | 1,18        | <b>1,17</b> |                                   | <b>1,71</b> |
|                          | Ярило активний старт PRO                               | 1,29                      | 1,31        | 1,33        | <b>1,31</b> |                                   | <b>1,89</b> |
|                          | Авангард Комплекс Бобові                               | 1,43                      | 1,45        | 1,50        | <b>1,46</b> |                                   | <b>2,13</b> |
|                          | Ярило активний старт PRO + Авангард<br>Комплекс Бобові | 1,93                      | 1,95        | 2,02        | <b>1,97</b> |                                   | <b>2,34</b> |
|                          | <b>Середнє</b>                                         | <b>1,39</b>               | <b>1,40</b> | <b>1,44</b> |             |                                   |             |
| Серпанок                 | Контроль I (без обробки)                               | 1,58                      | 1,61        | 1,64        | <b>1,61</b> | 1,80                              |             |
|                          | Контроль II (обробка водою)                            | 1,59                      | 1,62        | 1,65        | <b>1,62</b> |                                   |             |
|                          | Ярило активний старт PRO                               | 1,71                      | 1,72        | 1,76        | <b>1,73</b> |                                   |             |
|                          | Авангард Комплекс Бобові                               | 1,88                      | 1,90        | 1,94        | <b>1,91</b> |                                   |             |
|                          | Ярило активний старт PRO + Авангард<br>Комплекс Бобові | 2,11                      | 2,15        | 2,21        | <b>2,16</b> |                                   |             |
|                          | <b>Середнє</b>                                         | <b>1,77</b>               | <b>1,80</b> | <b>1,84</b> |             |                                   |             |
| Даринка                  | Контроль I (без обробки)                               | 1,86                      | 1,87        | 1,93        | <b>1,89</b> | 2,14                              |             |
|                          | Контроль II (обробка водою)                            | 1,87                      | 1,88        | 1,94        | <b>1,90</b> |                                   |             |
|                          | Ярило активний старт PRO                               | 2,08                      | 2,10        | 2,17        | <b>2,12</b> |                                   |             |
|                          | Авангард Комплекс Бобові                               | 2,29                      | 2,31        | 2,41        | <b>2,34</b> |                                   |             |
|                          | Ярило активний старт PRO + Авангард<br>Комплекс Бобові | 2,41                      | 2,45        | 2,55        | <b>2,47</b> |                                   |             |
|                          | <b>Середнє</b>                                         | <b>2,10</b>               | <b>2,12</b> | <b>2,20</b> |             |                                   |             |
| Лінія<br>Яр 03–23        | Контроль I (без обробки)                               | 1,91                      | 1,92        | 1,93        | <b>1,92</b> | 2,19                              |             |
|                          | Контроль II (обробка водою)                            | 1,92                      | 1,93        | 1,94        | <b>1,93</b> |                                   |             |
|                          | Ярило активний старт PRO                               | 2,11                      | 2,15        | 2,17        | <b>2,14</b> |                                   |             |
|                          | Авангард Комплекс Бобові                               | 2,4                       | 2,45        | 2,47        | <b>2,44</b> |                                   |             |
|                          | Ярило активний старт PRO + Авангард<br>Комплекс Бобові | 2,49                      | 2,51        | 2,58        | <b>2,53</b> |                                   |             |
|                          | <b>Середнє</b>                                         | <b>2,17</b>               | <b>2,19</b> | <b>2,22</b> |             |                                   |             |
| Лінія<br>Яр 05–23        | Контроль I (без обробки)                               | 1,89                      | 1,91        | 1,94        | <b>1,91</b> | 2,21                              |             |
|                          | Контроль II (обробка водою)                            | 1,90                      | 1,92        | 1,95        | <b>1,92</b> |                                   |             |
|                          | Ярило активний старт PRO                               | 2,15                      | 2,17        | 2,22        | <b>2,18</b> |                                   |             |
|                          | Авангард Комплекс Бобові                               | 2,41                      | 2,45        | 2,52        | <b>2,46</b> |                                   |             |
|                          | Ярило активний старт PRO + Авангард<br>Комплекс Бобові | 2,53                      | 2,55        | 2,59        | <b>2,56</b> |                                   |             |
|                          | <b>Середнє</b>                                         | <b>2,18</b>               | <b>2,20</b> | <b>2,24</b> |             |                                   |             |
| Лінія<br>Яр 07–23        | Контроль I (без обробки)                               | 1,14                      | 1,16        | 1,19        | <b>1,26</b> | 1,58                              |             |
|                          | Контроль II (обробка водою)                            | 1,15                      | 1,17        | 1,20        | <b>1,28</b> |                                   |             |
|                          | Ярило активний старт PRO                               | 1,27                      | 1,29        | 1,35        | <b>1,50</b> |                                   |             |
|                          | Авангард Комплекс Бобові                               | 1,48                      | 1,49        | 1,52        | <b>1,87</b> |                                   |             |
|                          | Ярило активний старт PRO + Авангард<br>Комплекс Бобові | 1,93                      | 1,95        | 2,04        | <b>2,00</b> |                                   |             |
|                          | <b>Середнє</b>                                         | <b>1,55</b>               | <b>1,58</b> | <b>1,62</b> |             |                                   |             |
| Лінія<br>Яр 11–23        | Контроль I (без обробки)                               | 1,95                      | 1,96        | 1,97        | <b>1,96</b> | 2,22                              |             |
|                          | Контроль II (обробка водою)                            | 1,96                      | 1,97        | 1,98        | <b>1,97</b> |                                   |             |
|                          | Ярило активний старт PRO                               | 2,12                      | 2,15        | 2,19        | <b>2,15</b> |                                   |             |
|                          | Авангард Комплекс Бобові                               | 2,53                      | 2,46        | 2,48        | <b>2,49</b> |                                   |             |
|                          | Ярило активний старт PRO + Авангард<br>Комплекс Бобові | 2,52                      | 2,55        | 2,57        | <b>2,55</b> |                                   |             |
|                          | <b>Середнє</b>                                         | <b>2,22</b>               | <b>2,22</b> | <b>2,24</b> |             |                                   |             |

Закінчення табл. 1

| 1                                           | 2                                                   | 3           | 4           | 5           | 6           | 7    | 8 |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|---|
| Лінія<br>Яр 15–23                           | Контроль I (без обробки)                            | 1,95        | 1,97        | 1,99        | <b>1,97</b> | 2,23 |   |
|                                             | Контроль II (обробка водою)                         | 1,96        | 1,98        | 2,00        | <b>1,98</b> |      |   |
|                                             | Ярило активний старт PRO                            | 2,15        | 2,19        | 2,21        | <b>2,18</b> |      |   |
|                                             | Авангард Комплекс Бобові                            | 2,43        | 2,47        | 2,51        | <b>2,47</b> |      |   |
|                                             | Ярило активний старт PRO + Авангард Комплекс Бобові | 2,51        | 2,53        | 2,59        | <b>2,54</b> |      |   |
|                                             | <b>Середнє</b>                                      | <b>1,95</b> | <b>1,97</b> | <b>1,99</b> |             |      |   |
| Оцінка істотності часткових відмінностей    |                                                     |             |             |             |             |      |   |
| H <sub>IP</sub> <sub>05</sub> , т/га        | A                                                   | 0,10        | 0,07        | 0,09        |             |      |   |
|                                             | B                                                   | 0,08        | 0,05        | 0,08        |             |      |   |
| Оцінка істотності середніх головних ефектів |                                                     |             |             |             |             |      |   |
| H <sub>IP</sub> <sub>05</sub> , т/га        | A                                                   | 0,07        | 0,09        | 0,06        |             |      |   |
|                                             | B                                                   | 0,05        | 0,07        | 0,08        |             |      |   |
| Частка впливу факторів, %                   |                                                     |             |             |             |             |      |   |
|                                             | A                                                   | 73,4        | 71,4        | 75,2        | 73,37       |      |   |
|                                             | B                                                   | 21,2        | 25,3        | 23,5        | 23,33       |      |   |
|                                             | AB                                                  | 5,5         | 3,2         | 1,3         | 3,30        |      |   |

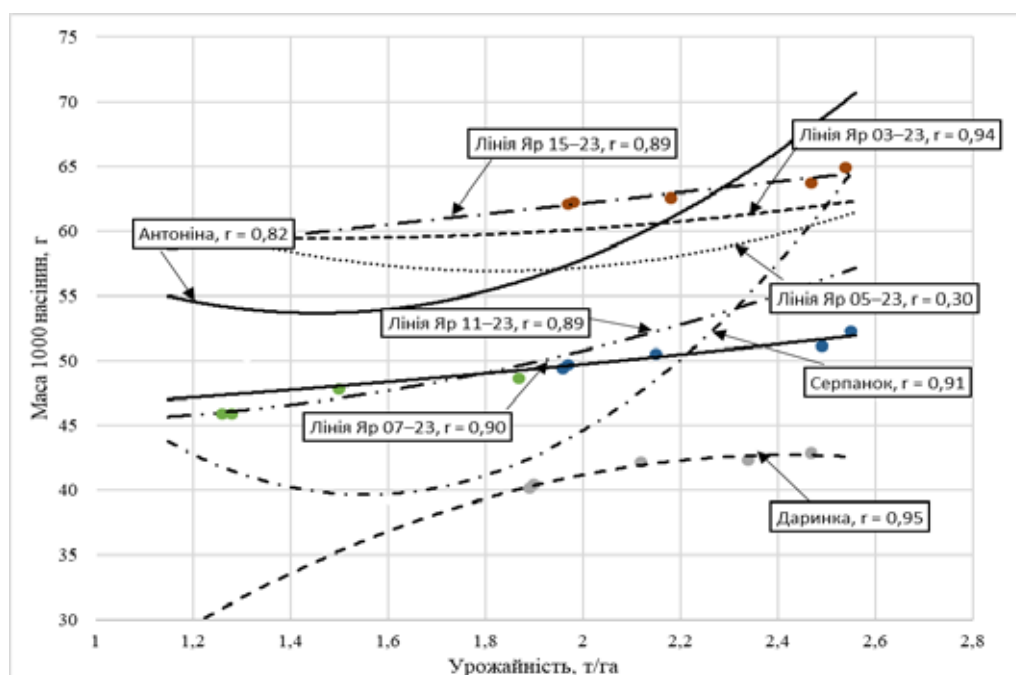


**Рис. 1. Кореляційно-регресійні моделі залежності урожайності насіння сортів та ліній сочевиці та маси 1000 насінин**

Помірний зв'язок: сорт Антоніна ( $r = 0,82$ ) – позитивна, але менш виражена залежність. Слабкий зв'язок у Лінії Яр 05–23 ( $r = 0,30$ ) між урожайністю та масою 1000 насінин. У більшості сортів і ліній простежується позитивна кореляція між урожайністю та масою 1000 насінин – тобто за вищої врожайності формується крупніше зерно. Найвищі значення маси 1000 насінин ( $\approx 65$ – $70$  г) спостерігаються в лінії Яр 03–23 при урожайності понад  $2,4$ – $2,6$  т/га. Більшість досліджених генотипів характеризуються сильною прямою кореляцією між урожайністю та масою 1000 насінин ( $r = 0,89$ – $0,95$ ), що

свідчить про узгоджене формування продуктивності та крупності зерна та можливість проводити ефективні добори на продуктивність сочевиці за масою 1000 насінин.

**Висновки.** Найвищий рівень урожайності насіння сорту Даринка спостерігався у 2025 році на ділянці з обробкою препаратом з комплексом мікроелементів «Ярило активний старт PRO» + «Авангард Комплекс Бобові» –  $2,55$  т/га. Зростання врожайності в порівнянні з контрольним варіантом цього ж року показало приріст урожайності на  $0,62$  т/га або  $32,1$  %.



Найвища урожайність насіння сочевиці сорту Антоніна спостерігалась обробкою за «Ярило активний старт PRO» + «Авангард Комплекс Бобові» у 2025 році – 2,02 т/га, що більше контрольного варіанту на 0,85 т/га.

Максимальна врожайність рослини сочевиці сорту Серпанок була отримана на ділянках, де застосовувалося внесення суміш «Ярило активний старт PRO» + «Авангард Комплекс Бобові». У середньому за роки досліджень значення врожайності при застосуванні препаратів у суміші «Ярило активний старт PRO» + «Авангард Комплекс Бобові» склало 2,16 т/га, що перевищує контрольний варіант на 0,55 т/га або на 34,2 %.

Максимальна врожайність насіння новостворених ліній сочевиці була отримана на ділянках, де застосовувалося внесення в суміші «Ярило активний старт PRO» + «Авангард Комплекс Бобові». У лінії Яр 03–23 урожайність підвищилася в середньому з 1,92 до 2,53 т/га, або на 31,7 %; у Яр 05–23 – з 1,91 до 2,56 т/га (+34,1 %); у Яр 07–23 – з 1,26 до 2,00 т/га, що є одним із найбільших приростів (+58,7 %); у Яр 11–23 – з 1,96 до 2,55 т/га (+30,1 %); у Яр 15–23 – з 1,97 до 2,54 т/га (+28,9 %).

У сорту Даринка проявився сильний позитивний зв'язок ( $r = 0,95$ ) маси 1000 насінин з урожайності насіння. У лінії Яр 03–23 коефіцієнт кореляції становив  $r = 0,94$ , у сорту Серпанок  $r = 0,91$ , у лінії Яр 07–23 ( $r = 0,90$ ), у лінії Яр 11–23 та Яр 15–23  $r = 0,89$ . Для цих генотипів підвищення маси 1000 насінин супроводжується стабільним збільшенням врожайності.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Дідур І.М., Коршевніук С.П. Формування симбіотичного апарату сочевиці залежно від інокуляції та обробки насіння мікроелементами. *Agriculture and Forestry*. 2021. № 4. С. 52–66. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-4-5>
- Вольвач О. В., Колосовська В. В., Костюкевич Т. К., Сербінов Б. М. Агрометеорологічні умови вирощування сочевиці з врахуванням агроекологічної оцінки ґрунтів Вінницької області. *Екологічні науки*. 2022. № 6. С. 173–178.
- Присяжнюк О. І., Топчій О. В., Слободянюк С. В. та ін. Сочевиця. Біологія та вирощування: монографія. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 180 с.
- Орехівський В.Д., Січкач В.І., Овсянникова Л.К., Маматов М.О., Соломонов Р.В. Сочевиця джерело рослинного білка. *Зернові продукти і комбікорми*. 2017. Вип.17. Т. 4. С. 22–29.
- Prysiashniuk O., Maliarenko O., Biliavska L., Voitovska V., Kononenko L., Klymovych N., Poltoretska N. Measuring and alleviating drought stress in pea and lentil. *Agronomy Research*. 2023. Vol. 21, Issue 2. P. 560–576. <https://doi.org/10.159/AR.23.023>.
- Сергєєв Л. А., Марченко Т. Ю., Когут І. М., Почколіна С. В., Марченко В. Д. Урожайний потенціал сортів сочевиці залежно від елементів агротехнології за кліматичних змін. *Український журнал природничих наук*. 2025. № 14. С. 241–249. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.14.2025.23>.
- Янюк Т. І., Тракало Т. О., Ганзенко В. В. Вивчення властивостей зернобобової сировини для отримання функціональних продуктів. *Молодий вчений*. 2021. № 6(94). С. 108–113.
- Холод С.М., Четверик О.О., Ляшенко В.В., Хоменко М.Р. Оцінка біологічних властивостей, продуктивності та врожайності сочевиці. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. Vol. 26(4). С. 47–53. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.04.09>.
- Kaale L. D., Siddiq M., Hooper S. Lentil (*Lens culinaris* Medik.) as nutrient-rich and versatile food legume: A review. *Legume Science*. 2022. № 5(2). <https://doi.org/10.1002/leg3.16912>.
- Кобизева Л. Н., Безугла О. М., Божко Т. М. Аналіз колекції сочевиці України за придатністю зразків до механізованого збирання урожаю. *Генетичні ресурси рослин*. 2008. № 5. С. 132–136.
- Barrios A., Aparicio T., Rodríguez M. J., Pérez de la Vega M., Caminero C. Winter sowing of adapted lines as a potential yield increase strategy in lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Spanish Journal of Agricultural Research*. 2016. Vol.14(2). e0702. <https://doi.org/10.5424/sjar/2016142-8092>.
- Kulinich O., Kandaurova K., Kobos I. Study of lentil varieties from Canada and Turkey in the northern steppe of Ukraine. *Genetični Resursi Roslin (Plant Genetic Resources)*. 2021. Vol. 29. P. 20–28. <https://doi.org/10.36814/pgr.2021.29.02>.
- Reda A. Lentil (*Lens culinaris* Medikus) current status and future prospect of production in Ethiopia. *Advances in Plants & Agriculture Research*. 2015. Vol. 2(2). P. 45–53. <https://doi.org/10.15406/apar.2015.02.00040>.
- Choukri H., Hejjoui K., El-Baouchi A., El Haddad N., Smouni A., Maalouf F., Thavarajah D., Kumar S. Heat and drought stress impact on phenology, grain yield, and nutritional quality of lentil (*Lens culinaris* Medikus). *Frontiers in Nutrition*. 2020. Vol. 7. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.596307>.
- Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Методика польового дослідження (Зрошуване землеробство): навчальний посібник. Херсон: Гринь Д.С., 2014. 448 с.
- Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Статистичний аналіз результатів польових дослідів у землеробстві. Херсон: Айлант, 2013. 381 с.

#### REFERENCES:

- Didur, I., & Korshevnyuk, S. (2021). Formuvannia symbiotychnoho aparatu sochevytsi zalezno vid inokuliatcii ta obrobky nasinnia mikroelementamy [Formation of a symbiotic apparatus of lentil depending on inoculation and processing of seeds with microelements]. *Agriculture and Forestry*, 4, 52–66. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-4-5> [in Ukrainian].
- Volvach, O.V., Kolosovska, V.V., Kostyukievych, T.K., & Serbinov, B.M. (2022). Ahrometeorologichni umovy vyroshchuvannia sochevytsi z vrakhuvanniam ahroekologichnoi otsinky hruntiv Vinnytskoi oblasti [Agrometeorological conditions for growing lentils taking into account the agroecological assessment of soils in Vinnytsia region]. *Ekologichni nauky*, 6, 173–178 [in Ukrainian].
- Prysiashniuk, O.I., Topchii, O.V., & Slobodianiuk, S.V. (2020). Sochevytsia. Biologhiia ta vyroshchuvannia [Lentils. Biology and cultivation]. Vinnytsia: TOV «TVORY», 180 [in Ukrainian].
- Orehivskiy, V.D., Sichkar, V.I., Ovsianynkova, L.K., Mamatov, M.O., & Solomonov, R.V. (2017). Sochevytsia dzherelo rosllynnoho bilka [Lentils as a source of vegetable protein]. *Zernovi produkty i kombikormy*, 17(4), 22–29 [in Ukrainian].

5. Prysiazhniuk, O., Maliarenko, O., Biliavska, L., Voitovska, V., Kononenko, L., Klymovych, N., & Poltoretska, N. (2023). Measuring and alleviating drought stress in pea and lentil. *Agronomy Research*, 21(2), 560–576. <https://doi.org/10.159/AR.23.023>.
6. Serhieiev, L.A., Marchenko, T.Yu., Kohut, I.M., Pochkolina, S.V., & Marchenko, V.D. (2025). Urozhainyi potentsial sortiv sochevytsi zalezno vid elementiv ahrotekhnolohii za klimatychnykh zmin [Yield potential of lentil varieties depending on the elements of agrotechnology during climatic changes]. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnychukh nauk*, 14, 241–249. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.14.2025.23> [in Ukrainian].
7. Yaniuk, T.I., Trakalo, T.O., & Hanzenko, V.V. (2021). Vyvchennia vlastyvosti zernobobovoii syrovyny dlia otrymannia funktsionalnykh produktiv [Study of the properties of legume raw materials for obtaining functional products]. *Molodyi vchenyi*, 6(94), 108–113 [in Ukrainian].
8. Kholod, S., Chetveryk, O., Liashenko, V., & Khomenko, M. (2023). Otsinka biolohichnykh vlastyvosti, produktyvnosti ta vrozhaivnosti sochevytsi [The estimation of lentil biological properties, productivity and yield capacity]. *Scientific Progress & Innovations*, 26(4), 47–53. <https://doi.org/10.31210/spi2023.26.04.09> [in Ukrainian].
9. Kaale, L.D., Siddiq, M., & Hooper, S. (2022). Lentil (*Lens culinaris* Medik) as nutrient-rich and versatile food legume: A review. *Legume Science*, 5(2), Portico. <https://doi.org/10.1002/leg3.16912>.
10. Kobyzieva, L.N., Bezuhla, O.M., & Bozhko, T.M. (2008). Analiznatsionalnoi koleksii sochevytsi Ukrainy za prydatnistiu zrazkivdo mekhanizovanoho zbyrannia urozhaiv [Analysis of the Ukrainian lentil collection for suitability of samples for mechanized harvesting]. *Henetychni Resursy Roslyn*, 5, 132–136 [in Ukrainian].
11. Barrios, A., Aparicio, T., Rodríguez, M. J., Pérez de la Vega, M., & Caminero, C. (2016). Winter sowing of adapted lines as a potential yield increase strategy in lentil (*Lens culinaris* Medik.). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 14(2), e0702. <https://doi.org/10.5424/sjar/2016142-8092>.
12. Kulinich, O., Kandaurova, K., & Kobos, I. (2021). Study of lentil varieties from Canada and Turkey in the northern steppe of Ukraine. *Genetični Resursi Roslin (Plant Genetic Resources)*, 29, 20–28. <https://doi.org/10.36814/pgr.2021.29.02>.
13. Reda, A. (2015). Lentil (*Lens culinaris* Medikus) current status and future prospect of production in Ethiopia. *Advances in Plants & Agriculture Research*, 2(2), 45–53. <https://doi.org/10.15406/apar.2015.02.00040>.
14. Choukri, H., Hejjoui, K., El-Baouchi, A., El haddad, N., Smouni, A., Maalouf, F., Thavarajah, D., & Kumar, S. (2020). Heat and drought stress impact on phenology, grain yield, and nutritional quality of lentil (*Lens culinaris* Medikus). *Frontiers in Nutrition*, 7. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.596307>.
15. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2014). *Metodyka polovoho doslidu (Zroshuvane zemlerobstvo) [Field experiment methodology (Irrigated agriculture)]*. Kherson: Hrin D.S., 448 [in Ukrainian].
16. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2013). *Statystychnyi analiz rezul'tativ polovoykh doslidiv u zemlerobstvi [In Statistical analysis of field experiment results in agriculture]*. Kherson: Ailant, 381 [in Ukrainian].

**Сергєєв Л.А., Когут І.М., Марченко Т.Ю., Соломонов Р.В., Марченко В.Д. Вплив комплексних мікроелементів на урожайність насіння сортів та ліній сочевиці**

**Мета.** Розробка елементів оптимізованої технології виробництва насіння сочевиці з високими посівними якістьями. **Методика.** Польовий – для спостереження за ростом і розвитком рослин, погодно-кліматичними умовами навколишнього середовища та іншими досліджуваними чинниками; вимірально-ваговий – параметрів структури врожаю, урожайності; математично-статистичний – для проведення дисперсійного аналізу і статистичної обробки даних з метою оцінки достовірності отриманих результатів досліджень. **Результати.** На врожайність насіння, впливають кілька ключових факторів: Сорт (Фактор А): різні сорти (Антоніна, Серпанок, Даринка) мають різну генетичну основу, що впливає на їхню продуктивність і стійкість до хвороб та обробка (Фактор В). Врожайність насіння є результатом комплексної взаємодії цих факторів. Важливо враховувати всі аспекти для оптимізації врожайності. В середньому за роки досліджень врожайності сорту Даринка за обробкою суміші препаратів складало – 2,47 т/га, що перевищує контрольний варіант на 0,58 т/га або на 31 %. Окреме використання «Ярило активний старт PRO» підвищило врожайність на 0,23 т/га або на 12 %, а «Авангард Комплекс Бобові» – на 0,45 т/га або на 24 %. В середньому протягом досліджуваних років величина врожайності при застосуванні препаратів в суміші «Ярило активний старт PRO» + «Авангард Комплекс Бобові» становила 1,97 т/га, що перевищує контрольний варіант на 0,82 т/га. Окреме використання «Ярило активний старт PRO» підвищило врожайність на 0,16 т або на 13,9 %, застосування «Авангард Комплекс Бобові» – на 0,33 т або на 26,9 %. Найвища урожайність насіння сочевиці сорту Антоніна спостерігалась обробкою за «Ярило активний старт PRO» + «Авангард Комплекс Бобові» у 2025 році – 2,02 т/га, що більше контрольного варіанту на 0,85 т/га. У середньому за роки досліджень значення врожайності сорту Серпанок при застосуванні препаратів у суміші «Ярило активний старт PRO» + «Авангард Комплекс Бобові» складало 2,16 т/га, що перевищує контрольний варіант на 0,55 т/га або на 34,2 %. Окреме внесення «Ярило активний старт PRO» підвищило врожайність на 0,25 т/га або на 7,5 %, а внесення «Авангард Комплекс Бобові» – на 0,43 т/га або на 18,6 %. Максимальна врожайність рослини новоствореної лінії сочевиці була отримана на ділянках, де застосовувалося внесення в суміш «Ярило активний старт PRO» + «Авангард Комплекс Бобові». Усі досліджувані лінії характеризуються позитивною реакцією на позакореневе підживлення, особливо при поєднанні двох препаратів. Найвищі результати одержано для ліній Яр 05–23 та Яр 11–23, Яр 15–23 урожайність яких досягала 2,54–2,56 т/га. **Висновки.** Найвищий рівень урожайності насіння сорту Даринка спостерігався у 2025 році на ділянці з обробкою «Ярило активний старт PRO» + «Авангард Комплекс Бобові» – 2,55 т/га, зростання врожайності в порівнянні з контрольним варіантом цього ж року показало приріст урожайності на 0,62 т/га або 32,1 %. Найвища урожайність насіння сочевиці сорту Антоніна спостерігалась обробкою за «Ярило активний старт PRO» + «Авангард Комплекс Бобові» у 2025 році – 2,02 т/га, що більше контрольного варіанту на 0,85 т/га. Максимальна врожайність рослини сочевиці сорту Серпанок була отримана

на ділянках, де застосовувалося внесення суміш «Ярило активний старт PRO» + «Авангард Комплекс Бобові». У середньому за роки досліджень значення врожайності при застосуванні препаратів у суміші «Ярило активний старт PRO» + «Авангард Комплекс Бобові» склало 2,16 т/га, що перевищує контрольний варіант на 0,55 т/га або на 34,2 %. Максимальна врожайність рослини новоствореної лінії сочевиці була отримана на ділянках, де застосовувалося внесення в суміш «Ярило активний старт PRO» + «Авангард Комплекс Бобові». У лінії Яр 03–23 урожайність підвищилася в середньому з 1,92 до 2,53 т/га, або на 31,7 %; у Яр 05–23 – з 1,91 до 2,56 т/га (+34,1 %); у Яр 07–23 – з 1,26 до 2,00 т/га, що є одним із найбільших приростів (+58,7 %); у Яр 11–23 – з 1,96 до 2,55 т/га (+30,1 %); у Яр 15–23 – з 1,97 до 2,54 т/га (+28,9 %). Сорт Даринка показав сильний позитивний зв'язок ( $r = 0,95$ ) зі зростанням маси 1000 насінин урожайності істотно збільшується. Лінія Яр 03–23 ( $r = 0,94$ ), Серпанок ( $r = 0,91$ ), Лінія Яр 07–23 ( $r = 0,90$ ), Лінії Яр 11–23 та Яр 15–23 ( $r = 0,89$ ) – також сильний прямий зв'язок. Для цих генотипів підвищення маси 1000 насінин супроводжується стабільним збільшенням врожайності.

**Ключові слова:** сочевиця, урожайність, сорт, лінія, маса 1000 насінин, біопрепарати.

**Serhieiev L.A., Marchenko T.Yu., Kohut I.M., Solomonov R.V., Marchenko V.D. The influence of complex microelements on the yield of seeds of lentil varieties and lines**

**Purpose.** Development of elements of an optimized technology for the production of lentil seeds with high sowing qualities. **Methodology.** Field – to monitor the growth and development of plants, weather and climatic conditions of the environment and other studied factors; measuring and weighing – parameters of the crop structure, yield; mathematical and statistical – to conduct variance analysis and statistical data processing in order to assess the reliability of the obtained research results. **Results.** Several key factors affect seed yield: Variety (Factor A): different varieties (Antonina, Serpanok, Darynka) have different genetic bases, which affects their productivity and disease resistance, and treatment (Factor B). Seed yield is the result of a complex interaction of these factors. It is important to consider all aspects to optimize yield. On average over the years of research, the yield of the Darynka variety after treatment with a mixture of drugs was 2.47 t/ha, which exceeds the control variant by 0.58 t/ha or 31%. Separate use of “Yarylo Active Start PRO” increased the yield by 0.23 t/ha or 12%, and “Avangard Complex Beans” by 0.45 t/ha or 24%. On average, during the studied years, the yield value when using preparations in the mixture “Yarylo Active Start PRO” + “Avangard

Complex Legumes” was 1.97t/ha, which exceeds the control variant by 0.82t/ha. Separate use of “Yarylo Active Start PRO” increased the yield by 0.16t or 13.9%, the use of “Avangard Complex Legumes” – by 0.33t or 26.9%. The highest yield of lentil seeds of the Antonina variety was observed with treatment with “Yarylo Active Start PRO” + “Avangard Complex Legumes” in 2025 – 2.02t/ha, which is 0.85t/ha more than the control variant. On average over the years of research, the yield value of the Serpanok variety when using preparations in the mixture “Yarylo Active Start PRO” + “Avangard Complex Legumes” was 2.16 t/ha, which exceeds the control variant by 0.55 t/ha or 34.2%. Separate application of “Yarylo Active Start PRO” increased the yield by 0.25 t/ha or 7.5%, and application of “Avangard Complex Legumes” – by 0.43 t/ha or 18.6%. The maximum yield of the newly created lentil lines was obtained in areas where application of the mixture “Yarylo Active Start PRO” + “Avangard Complex Legumes” was used. All the studied lines are characterized by a positive reaction to foliar feeding, especially when combining the two preparations. The highest results were obtained for the lines Yar 05–23 and Yar 11–23, Yar 15–23, the yield of which reached 2.54–2.56 t/ha. **Conclusions.** The highest level of seed yield of the Darynka variety was observed in 2025 on the plot with the treatment “Yarylo Active Start PRO” + “Avangard Complex Legumes” – 2.55 t/ha, the increase in yields compared to the control variant of the same year showed an increase in yield by 0.62 t/ha or 32.1%. The maximum yield of lentil plants of the Serpanok variety was obtained on plots where the mixture “Yarylo Active Start PRO” + “Avangard Complex Legumes” was applied. On average, over the years of research, the yield value when using preparations in the mixture “Yarylo Active Start PRO” + “Avangard Complex Legumes” was 2.16 t/ha, which exceeds the control variant by 0.55 t/ha or 34.2%. The maximum yield of the newly created lentil lines was obtained in areas where the application of the mixture “Yarylo Active Start PRO” + “Avangard Complex Legumes” was used. In the Yar 03–23 line, the yield increased on average from 1.92 to 2.53 t/ha, or by 31.7%; in Yar 05–23 – from 1.91 to 2.56 t/ha (+34.1%); in Yar 07–23 – from 1.26 to 2.00 t/ha, which is one of the largest increases (+58.7%); in Yar 11–23 – from 1.96 to 2.55 t/ha (+30.1%); in Yar 15–23 – from 1.97 to 2.54 t/ha (+28.9%). The Darynka variety showed a strong positive relationship ( $r = 0.95$ ) with an increase in the mass of 1000 seeds, the yield significantly increases. The Yar 03–23 line ( $r = 0.94$ ), Serpanok ( $r = 0.91$ ), Yar 07–23 line ( $r = 0.90$ ), Yar 11–23 and Yar 15–23 lines ( $r = 0.89$ ) also have a strong direct relationship. For these genotypes, an increase in the mass of 1000 seeds is accompanied by a stable increase in yield.

**Key words:** lentils, yield, variety, line, mass of 1000 seeds, biological products.

Дата першого надходження статті до видання: 02.04.2026  
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026  
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

УДК 619:614.31:636.52/.58:546.48+546.81  
DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.36.38>

## НАКОПИЧЕННЯ Pb I Cd У ТКАНИНАХ БРОЙЛЕРІВ ЗАЛЕЖНО ВІД УМОВ ВИРОЩУВАННЯ В ПІДСОБНИХ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ГОСПОДАРСТВАХ

ТЕСЛЯ Д.М. – аспірант  
[orcid.org/0009-0009-0782-038X](https://orcid.org/0009-0009-0782-038X)

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького

**Постановка проблеми.** У сучасних умовах безпечність продукції птахівництва є важливою складовою продовольчої безпеки та ветеринарно-санітарного контролю. Особливо це стосується м'яса птиці, вирощеної в особистих підсобних господарствах, де умови утримання, годівлі та контакту з довкіллям часто відрізняються від промислових технологій. За таких умов зростає ймовірність надходження до організму птиці небезпечних токсикантів, зокрема Pb та Cd, які можуть накопичуватися у тканинах і становити ризик для здоров'я людини. Проблема ускладнюється тим, що в домашніх господарствах птиця нерідко утримується з вільним вигулом і має доступ не лише до корму, а й до ґрунту та рослинності. Унаслідок цього поряд із кормовим виникає додатковий шлях надходження важких металів в організм. Це може посилювати накопичення Pb і Cd у тканинах бройлерів та впливати на безпечність отриманої продукції.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Забезпечення якості та безпечності продуктів харчування тваринного походження є одним із пріоритетних завдань сучасної ветеринарної науки і практики [1]. Особливої ваги ця проблема набуває під час виробництва м'яса птиці в особистих підсобних господарствах, де умови утримання істотно відрізняються від промислових технологій і можуть впливати на спектр та рівень забруднення продукції.

Серед хімічних забруднювачів, що становлять ризик для здоров'я людини, важливе місце посідають важкі метали, насамперед свинець (Pb) і кадмій (Cd) [2, 3]. Ці елементи можуть накопичуватися в організмі, тривалий час зберігатися в ньому та негативно впливати на різні органи і системи, тому важливо контролювати їх вміст у харчовій продукції та можливі шляхи надходження [4, 5].

Основними шляхами надходження Pb і Cd в організм птиці є корм і довкілля, насамперед ґрунт [6, 7]. У промисловому птахівництві вплив ґрунту зазвичай обмежений, оскільки птицю утримують без вигулу. Натомість у домашніх господарствах за вільного вигулу птиця разом із кормом і рослинністю може заковтувати частинки ґрунту [8]. Якщо ґрунт забруднений, це може посилювати надходження Pb і Cd в організм та їх накопичення у тканинах [9, 10].

Проблема техногенного забруднення ґрунтів важкими металами є актуальною для аграрних регіонів, де

значна частина населення споживає продукцію власного виробництва [11]. У зв'язку з цим порівняльна оцінка накопичення Pb і Cd у тканинах бройлерів за різних умов утримання (кліткове та вигульне) є важливим науково-практичним завданням.

За даними літератури, розподіл важких металів у тканинах птиці залежить від їх властивостей, тривалості надходження та особливостей обміну речовин [12]. Кісткова тканина вважається одним із основних місць накопичення Pb, що пов'язано з його взаємодією з кальцієм під час мінералізації [13, 14]. Водночас порівняльні дані щодо накопичення Pb і Cd у м'язовій, жировій, кістковій та хрящовій тканинах бройлерів за умов домашнього утримання з урахуванням фактору вигулу висвітлені недостатньо, що зумовлює актуальність таких досліджень.

**Мета досліджень.** Мета дослідження полягала у вивченні інтенсивності накопичення Pb і Cd у різних тканинах бройлерів за домашнього утримання, зокрема, за умов кліткового утримання та вільного вигулу.

**Методика та умови досліджень.** Дослідження інтенсивності накопичення важких металів в організмі птиці проводили на курчатах-бройлерах, яких утримували в домашніх умовах за двома варіантами: у кліткових батареях та з вільним вигулом на вигульних майданчиках. Птицю обох груп утримували у пристосованому приміщенні. Контрольна група перебувала у кліткових батареях, а дослідна мала вільний доступ до рослинності та ґрунту на вигульних майданчиках. Групи підбирали за принципом аналогів з урахуванням віку, породи, статі та живої маси.

Раціон бройлерів складався із суміші подрібненого фуражного зерна, до складу якої входили 60% пшениці, 10% кукурудзи, 10% вівса, 10% ячменю, 5% соняшникового шроту та 5% мінеральної добавки. Компоненти кормосуміші, зокрема, подрібнене зерно та кальцій-фосфат, ретельно перемішували до одержання однорідної маси. Відмінність між способами утримання полягала в тому, що бройлери дослідної групи протягом усього періоду вирощування мали вільний вигул і доступ до рослинності та ґрунту, тоді як птицю контрольної групи утримували у кліткових батареях.

Вміст важких металів Pb і Cd в організмі бройлерів визначали у кістковій та м'язовій тканинах після забою. Забій птиці проводили на 60-ту добу після



формування груп-аналогів. Визначення Pb та Cd здійснювали атомно-абсорбційним методом. Оцінку вмісту Pb і Cd у кормовій сировині та тканинах бройлерів проводили шляхом порівняння одержаних значень із максимально допустимими рівнями (МДР), установленними ДсанПІН [15].

**Результати досліджень.** Важливим етапом дослідження було визначення вмісту Pb у компонентах кормосуміші, що використовувалася для годівлі птиці. Результати, наведені на рисунку 1, відображають рівень цього елемента в окремих складових раціону порівняно з максимально допустимим рівнем (10 мг/кг). Це дозволяє оцінити як міжкомпонентні відмінності, так і відповідність досліджених зразків чинним нормативам.

Аналіз даних (рис. 1) засвідчив, що вміст Pb у компонентах кормосуміші коливався в межах 0,90–3,20 мг/кг. Найвищий вміст Pb виявлено у соняшниковому шроті, який склав 3,20 мг/кг, тоді як у кукурудзі, вівсі, ячмені та пшениці даний показник був нижчим у 3,56 раза, 2,29 раза, 2,11 раза та 1,14 раза відповідно. У зростаючій регресії вміст Pb в складових кормосуміші був у наступній послідовності: кукурудза → овес → ячмінь → пшениця → соняшковий шрот. Порівняння з максимально допустимим рівнем (МДР) Pb (10 мг/кг) показало, що фактичний вміст Pb у компонентах кормосуміші становив у кукурудзі 9,0%, вівсі – 14,0%, ячмені – 15,2%, пшениці – 28,0%, соняшковому шроті – 32,0% від МДР. Таким чином, перевищення МДР за вмістом Pb в жодному з досліджених компонентів не встановлено.

Для оцінки можливого надходження Cd з кормом було визначено його вміст у складових кормосуміші, що використовувалася для годівлі птиці. Результати у порівнянні з максимально допустимим рівнем (МДР) 1,0 мг/кг наведено на рисунку 2. Найвищий вміст Cd виявлено також у соняшковому шроті (0,89 мг/кг), тоді як у кукурудзі, пшениці, вівсі та ячмені даний показник

був нижчим у 4,05 раза, 1,53 раза, 2,17 раза та 1,71 раза відповідно.

У зростаючій регресії вміст Cd в складових кормосуміші був у наступній послідовності: кукурудза → овес → ячмінь → пшениця → соняшковий шрот. Фактичний вміст Cd відносно МДР (1,0 мг/кг) становив у кукурудзі 22%, вівсі – 41%, ячмені – 52%, пшениці – 58%, соняшковому шроті – 89%. Перевищення МДР за вмістом Cd в жодній зі складових кормосуміші не встановлено.

Для оцінки небезпеки забруднення кормової сировини Pb і Cd використовували коефіцієнт небезпеки (Кн), який визначали як відношення фактичної концентрації елемента до максимально допустимого рівня (рис. 3).

Встановлено, що найвище значення Кн для обох металів було характерне для соняшкового шроту, зокрема, для Pb – 0,32, для Cd – 0,89. У решті складових кормосуміші цей показник був нижчим і в порядку зростання розміщувався так: кукурудза → овес → ячмінь → пшениця → соняшковий шрот. Так, для Pb значення Кн у кукурудзі, вівсі, ячмені та пшениці були нижчими, ніж у соняшковому шроті, відповідно у 3,56; 2,29; 2,13 та 1,14 раза, тоді як для Cd – у 4,05; 2,17; 1,71 та 1,53 раза.

У ході дослідження нами було визначено вміст Pb у м'язовій, жировій, кістковій та хрящовій тканинах птиці контрольної групи (кліткове утримання) і дослідної групи (вільний вигул із доступом до ґрунту та рослинності) (табл. 1).

За даними таблиці вміст Pb у тканинах бройлерів залежав від умов утримання, зокрема, у контрольній групі концентрація Pb змінювалася в межах 0,021–0,087 мг/кг, причому найвищий вміст відмічено у кістковій тканині, а найнижчий – у жировій. У дослідній групі діапазон значень становив 0,034–0,170 мг/кг, з максимальним вмістом Pb у кістковій тканині та мінімальним – у жировій.

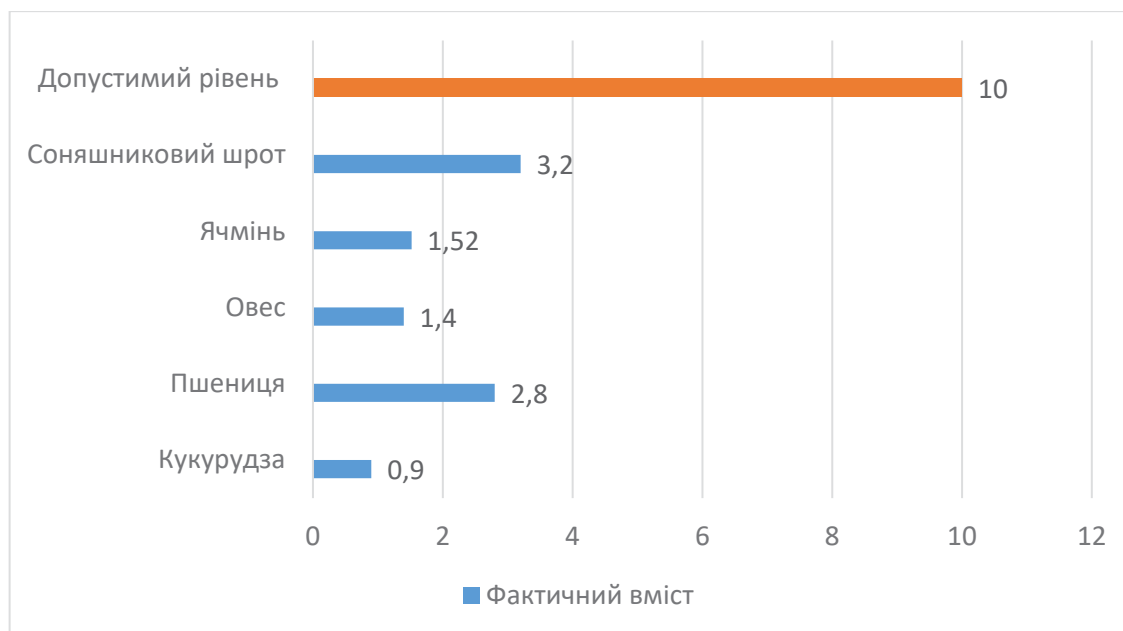


Рис. 1. Вміст Pb у складових кормосуміші, мг/кг

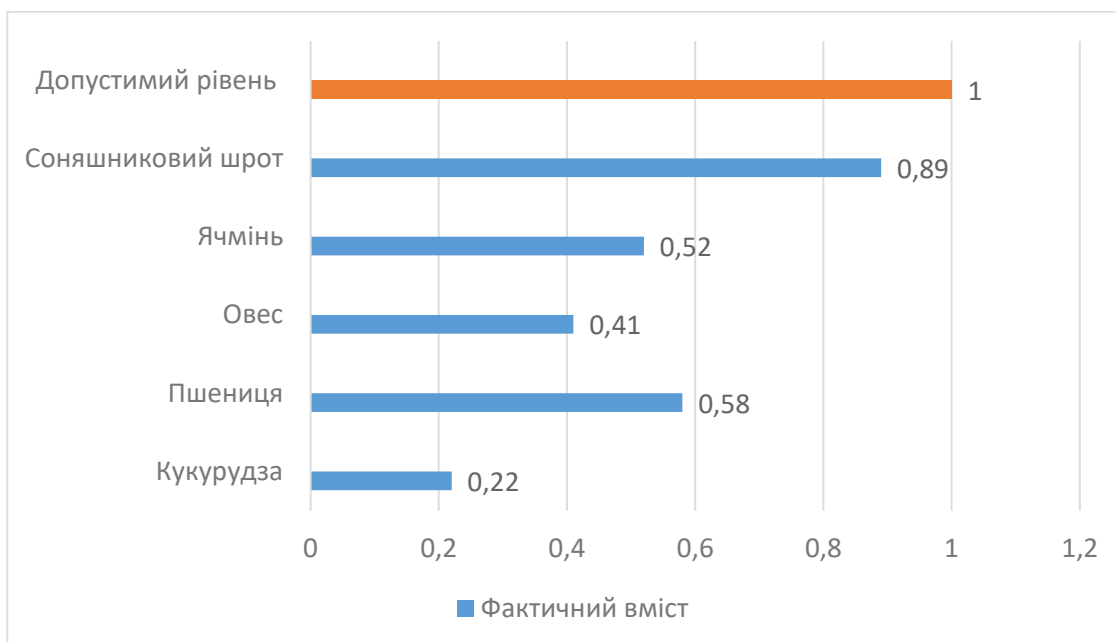


Рис. 2. Вміст Cd у складових кормосуміші, мг/кг

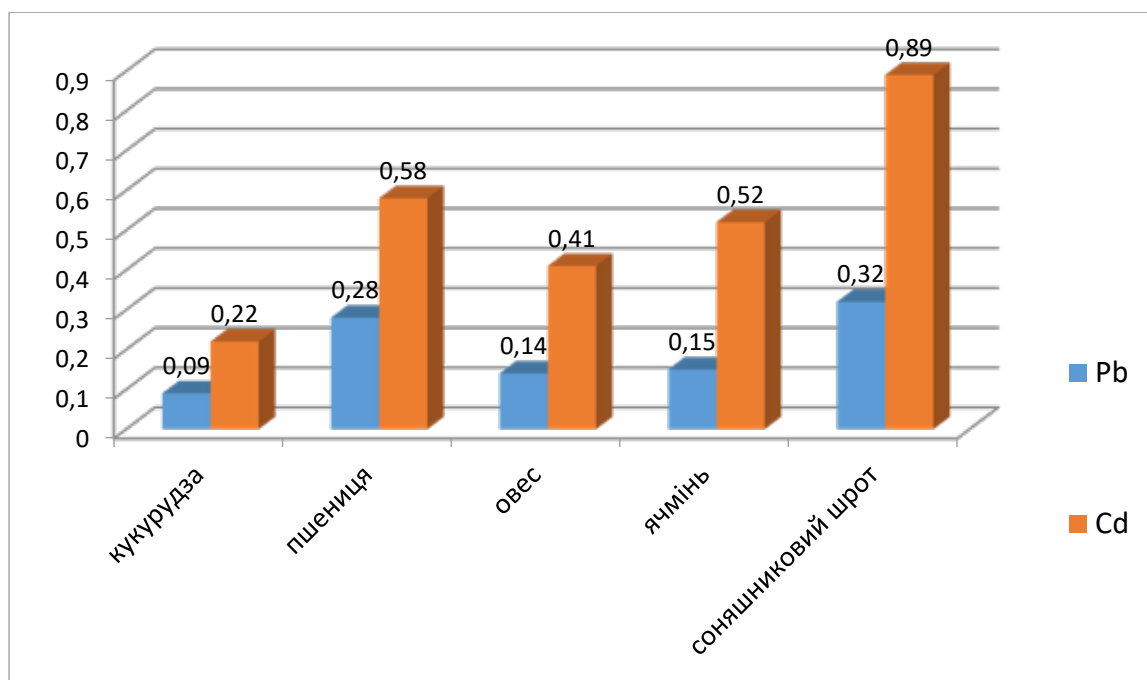


Рис. 3. Коефіцієнт небезпеки Pb та Cd у складових кормосуміші

Порівняно з контролем, у дослідній групі вміст Pb був вищим у м'язовій тканині у 1,94 раза, у жировій – у 1,62 раза, у кістковій – у 1,95 раза та у хрящовій – у 1,13 раза. Порівняння з максимально допустимим рівнем (0,1 мг/кг) показало, що у контрольній групі вміст Pb становив 21–87% від МДР і перевищень не виявлено. У дослідній групі встановлено перевищення МДР у м'язовій тканині (120% від МДР) та кістковій тканині (170% від МДР), тоді як у жировій (34% МДР) і хрящовій (44% МДР) тканинах перевищення нормативу не спостерігалось.

Аналіз результатів, наведених у табл. 2, показує, що в птиці дослідної групи вміст Cd у м'язовій, жировій, кістковій та хрящовій тканинах був вищим порівняно з контрольними аналогами. Зокрема, у дослідній групі концентрація Cd перевищувала контроль у 1,51 раза в м'язовій тканині, у 1,23 раза – у жировій, у 2,0 раза – у кістковій та у 1,14 раза – у хрящовій тканині.

Порівнюючи отримані значення з максимально допустимим рівнем Cd, встановлено, що у контрольній групі вміст Cd в м'язовій, жировій та хрящовій тканинах був

Таблиця 1

Вміст Pb у різних тканинах бройлерів за різних умов утримання, мг/кг (n=4)

| Тканини  | Контрольна група |     | Дослідна група |     |
|----------|------------------|-----|----------------|-----|
|          | Вміст Pb         | МДР | Вміст Pb       | МДР |
| М'язова  | 0,062 ± 0,003    | 0,1 | 0,120 ± 0,005  | 0,1 |
| Жирова   | 0,021 ± 0,002    | 0,1 | 0,034 ± 0,003  | 0,1 |
| Кісткова | 0,087 ± 0,004    | 0,1 | 0,170 ± 0,007  | 0,1 |
| Хрящова  | 0,039 ± 0,002    | 0,1 | 0,044 ± 0,003  | 0,1 |

Таблиця 2

Вміст Cd у різних тканинах бройлерів за різних умов утримання, мг/кг (n=4)

| Тканини  | Контрольна група |      | Дослідна група |      |
|----------|------------------|------|----------------|------|
|          | Вміст Cd         | МДР  | Вміст Cd       | МДР  |
| М'язова  | 0,041 ± 0,003    | 0,05 | 0,062 ± 0,001  | 0,05 |
| Жирова   | 0,017 ± 0,002    | 0,05 | 0,021 ± 0,001  | 0,05 |
| Кісткова | 0,060 ± 0,004    | 0,05 | 0,120 ± 0,031  | 0,05 |
| Хрящова  | 0,042 ± 0,002    | 0,05 | 0,048 ± 0,001  | 0,05 |

нижчим за МДР відповідно у 1,22, 2,94 та 1,19 раза, тоді як у кістковій тканині зафіксовано перевищення МДР у 1,20 раза. У дослідній групі вміст Cd у жировій та хрящовій тканинах залишався нижчим за МДР у 2,38 та 1,04 раза відповідно, водночас у м'язовій і кістковій тканинах відмічено перевищення МДР у 1,24 та 2,40 раза. Найвищий вміст Cd як у контрольній, так і в дослідній групах виявлено в кістковій тканині. При цьому в контрольній групі кісткова тканина характеризувалася вищим умістом Cd порівняно з м'язовою у 1,46 раза, жировою – у 3,53 раза, хрящовою – у 1,43 раза. У дослідній групі відповідні співвідношення становили 1,94, 5,71 та 2,50 раза.

Для оцінки небезпеки забруднення тканин курчат-бройлерів Pb (рис. 4) використано коефіцієнт небезпеки (Кн), який визначали як відношення фактичного вмісту Pb у тканині до максимально допустимого рівня (0,1 мг/кг).

Найвищий коефіцієнт небезпеки Pb (1,7) встановлено у кістковій тканині дослідної групи, тоді як у м'язовій, хрящовій та жировій тканинах дослідної групи даний показник був нижчим у 1,42 раза, 3,86 раза та 5,0 разів відповідно. У зростаючій регресії Кн (Pb) у тканинах контрольної групи розміщувався так: жирова → хрящова → м'язова → кісткова, а у дослідній групі: жирова → хрящова → м'язова → кісткова. Порівняно з контролем, у дослідній групі значення Кн (Pb) було вищим у м'язовій тканині у 1,94 раза, у жировій – у 1,62 раза, у кістковій – у 1,95 раза та у хрящовій – у 1,13 раза.

Отримані значення коефіцієнта небезпеки Cd для контрольної та дослідної груп наведено на рисунку 5.

Найвищий коефіцієнт небезпеки Cd встановлено у кістковій тканині птиці, який у контрольній групі становив 1,20, а у дослідній – 2,40. При цьому в м'язовій, жировій та хрящовій тканинах контрольної групи

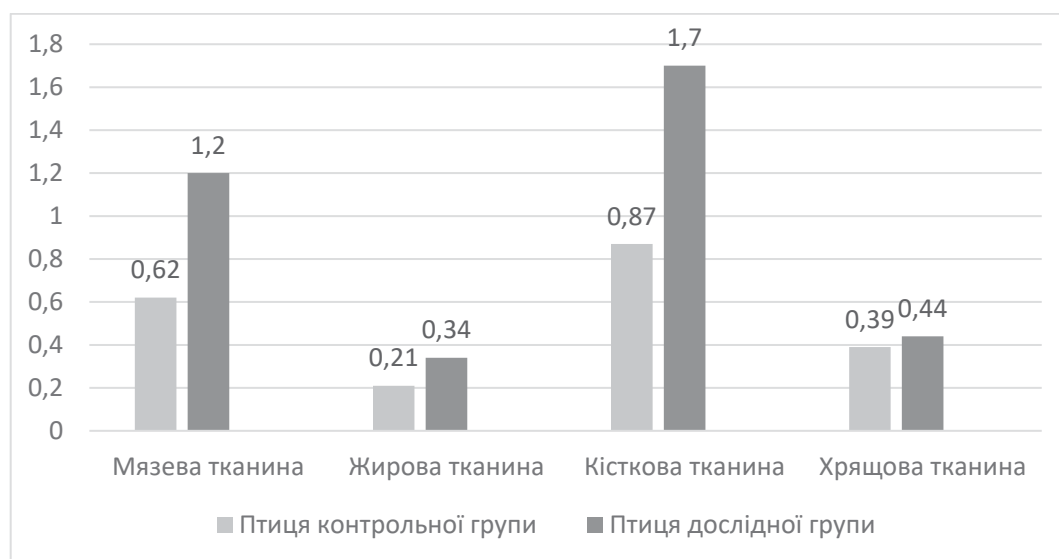


Рис. 4. Коефіцієнт небезпеки Pb у тканинах курчат-бройлерів





Рис. 5. Коефіцієнт небезпеки Cd у тканинах курчат-бройлерів

значення Кн Cd були нижчими за кісткову відповідно у 1,46 раза, 3,53 раза та 1,43 раза, тоді як у дослідній групі – у 1,94 раза, 5,71 раза та 2,50 раза відповідно. У зростаючій регресії коефіцієнт небезпеки Cd у тканинах контрольної групи розміщувався у такій послідовності: жирова → хрящова → м'язова → кісткова, а у дослідній групі: жирова → хрящова → м'язова → кісткова. Порівняно з контролем, у дослідній групі Кн Cd був вищим у м'язовій тканині у 1,51 раза, у жировій – у 1,24 раза, у кістковій – у 2,0 раза та у хрящовій – у 1,14 раза. Встановлено, що у контрольній групі перевищення граничного значення ( $K_n > 1$ ) відмічено лише у кістковій тканині, тоді як у дослідній групі – у м'язовій та кістковій тканинах; у жировій і хрящовій тканинах обох груп значення Кн Cd залишалися нижчими за 1.

**Висновки.** У досліджених компонентах кормосуміші вміст Pb і Cd не перевищував максимально допустимих рівнів. Найвищі концентрації обох металів виявлено у соняшниковому шроті. У тканинах бройлерів, які утримувалися з вільним вигулом, вміст Pb і Cd був вищим, ніж у птиці за кліткового утримання, що свідчить про додаткове надходження важких металів із ґрунту та рослинності вигульних майданчиків. Найбільше накопичення Pb і Cd в обох групах встановлено у кістковій тканині, найменше – переважно у жировій тканині. У бройлерів дослідної групи зафіксовано перевищення МДР за Pb у м'язовій і кістковій тканинах, а за Cd – у м'язовій і кістковій тканинах. У контрольній групі перевищення встановлено лише за Cd у кістковій тканині.

Утримання бройлерів у підсобних господарствах із вільним вигулом підвищує ризик накопичення Pb і Cd у тканинах, тому потребує контролю якості кормів, ґрунту вигульних майданчиків і умов вирощування птиці.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Євстафієва Ю. М., Бучковська В. І. Запорука успішного майбутнього тваринництва України – контроль за якістю та безпечністю харчових продуктів. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські*

- науки. 2022. Т. 127. С. 206–212. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.26>
- Lamas G. A., Ujueta F., Navas-Acien A. Lead and Cadmium as Cardiovascular Risk Factors: The Burden of Proof Has Been Met. *Journal of the American Heart Association*. 2021. Vol. 10 (10). P. e018692. DOI: <https://doi.org/10.1161/JAHA.120.018692>.
- Howard J. A., David L., Lux F., Tillement O. Low-level, chronic ingestion of lead and cadmium: The unspoken danger for at-risk populations. *Journal of Hazardous Materials*. 2024. Vol. 478. P. 135361. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.135361>.
- Кондратюк С. Є., Геллер О. Л. Метали і людський організм. *Металознавство та обробка металів*. 2011. № 3. С. 57–64.
- Лисанчук Ю. Шляхи надходження важких металів у навколишнє середовище та їх вплив на організм птиці. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія*. 2013. Т. 17, № 2. С. 422–426.
- Вахуткевич І. Ю. Дослідження вмісту важких металів у курячих яйцях. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2012. Т. 14, № 3 (2). С. 26–29.
- Оробченко О. Л., Куцан О. Т., Шматко О. О. Токсикокінетика наночасток металів у добових курчат за умов введення курям-несучкам з кормом наноконцентрату металів (Ag, Fe, Cu і двоокис Mn). *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького. Серія: Ветеринарні науки*. 2017. Т. 19, № 73. С. 19–24. DOI: <https://doi.org/10.15421/nvlvet7304>.
- Li L., Cao Y., Ippolito J. A., Xing W., Qiu K., Li H., et al. Cadmium and lead bioavailability to poultry fed with contaminated soil-spiked feed. *Science of the Total Environment*. 2023. Vol. 879. P. 163036. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163036>.
- Yabe J., Nakayama S. M. M., Ikenaka Y., Muzandu K., Choongo K., Mainda G., et al. Metal distribution in tissues



- of free-range chickens near a lead–zinc mine in Kabwe, Zambia. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2013. Vol. 32. P. 189–192. DOI: <https://doi.org/10.1002/etc.2029>.
10. Кураєва І. В., Сплодитель А. О. Акумуляція та перерозподіл важких металів у сучасному ґрунтовому покриві природоохоронних територій. *Геологічний журнал*. 2020. № 1. С. 58–69. DOI: <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2020.1.196979>.
  11. Razanov, S., Aliksieiev, O., Aliksieieva, O., Vradii, O., Mazur, K., Puyu, V., Piddubna, A., Povochnikov, M., Postoienco, D., Zelisko, O. The content of heavy metals and trace elements in different soils used in the conditions of homestead plots and field agricultural lands of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. Vol. 25 (6). P. 42–50. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/186820>.
  12. Вахуткевич І. Ю., Снітинський В. В. Вміст важких металів в органах і тканинах птиці. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2014. Т. 16, № 2 (3). С. 269–274.
  13. Ciosek, Ż., Kot, K., Kosik-Bogacka, D., Łanocha-Arendarczyk, N., Rotter, I. The Effects of Calcium, Magnesium, Phosphorus, Fluoride, and Lead on Bone Tissue. *Biomolecules*. 2021. Vol. 11 (4). P. 506. DOI: <https://doi.org/10.3390/biom11040506>.
  14. Ocampo-Lopez, A., Puente-Valenzuela, C. O., Sánchez-Galván, H., et al. Lead Concentrations in Tissues of Pigeons (*Columba livia*) in the Urban Area of Comarca Lagunera, Mexico. *Toxics*. 2024. Vol. 12 (11). P. 830. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxics12110830>.
  15. Про затвердження Державних гігієнічних правил і норм «Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах»: наказ МОЗ України від 13.05.2013 № 368, у редакції наказу МОЗ України від 22.05.2020 № 1238
- REFERENCES:**
1. Yevstafieva, Yu. M. & Buchkovska, V. I. (2022). Zaporuka uspishnogo maibutnogo tvarynnystva Ukrainy – kontrol za yakistiu ta bezpechnistiu kharchovykh produktiv. [The key to a successful future of Ukraine's livestock sector is quality and food safety control]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk (Silskohospodarski nauky)*, 127, 206–212 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.127.26>
  2. Lamas, G. A., Ujueta, F. & Navas-Acien, A. (2021). Lead and Cadmium as Cardiovascular Risk Factors: The Burden of Proof Has Been Met. *Journal of the American Heart Association*, 10 (10), e018692. <https://doi.org/10.1161/JAHA.120.018692>
  3. Howard, J. A., David, L., Lux, F. & Tillement, O. (2024). Low-level, chronic ingestion of lead and cadmium: The unspoken danger for at-risk populations. *Journal of Hazardous Materials*, 478, 135361. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.135361>
  4. Kondratiuk, S. Ye. & Heller, O. L. (2011). Metaly i liudskiy orhanizm. [Metals and the human body]. *Metalozhnavstvo ta obrobka metaliv*, 3, 57–64 [in Ukrainian].
  5. Lysanchuk, Yu. (2013). Shliakhy nadkhodzhennia vazhkykh metaliv u navkolyshnie seredovyshe ta yikh vplyv na orhanizm ptytsi. [Pathways of heavy metals entering the environment and their impact on the poultry organism]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho aharnoho universytetu (Ahronomiia)*, 17 (2), 422–426 [in Ukrainian].
  6. Vakhutkevych, I. Yu. (2012). Doslidzhennia vmistu vazhkykh metaliv u kuriachykh yaitsiach. [Study of heavy metal content in chicken eggs]. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterinaryanoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S. Z. Gzhytskoho*, 14 (3(2)), 26–29 [in Ukrainian].
  7. Orobchenko, O. L., Kutsan, O. T. & Shmatko, O. O. (2017). Toksykokinyetika nanochastok metaliv u dobovykh kurchat za umov vvedennia kuriam-nesuchkam z kormom nanokompozytu metaliv (Ag, Fe, Cu i dvooyks Mn). [Toxicokinetics of metal nanoparticles in day-old chicks after feeding laying hens a nanocomposite of metals (Ag, Fe, Cu, and manganese dioxide)]. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterinaryanoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S. Z. Gzhytskoho (Veterynarni nauky)*, 19 (73), 19–24 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15421/nvivet7304>
  8. Li, L., Cao, Y., Ippolito, J. A., Xing, W., Qiu, K., Li, H., Zhao, D., Wang, Y. & Wang, Y. (2023). Cadmium and lead bioavailability to poultry fed with contaminated soil-spiked feed. *Science of the Total Environment*, 879, 163036. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163036>
  9. Yabe, J., Nakayama, S. M. M., Ikenaka, Y., et al. (2013). Metal distribution in tissues of free-range chickens near a lead-zinc mine in Kabwe, Zambia. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 32, 189–192. <https://doi.org/10.1002/etc.2029>
  10. Kuraieva, I. V. & Splodytel, A. O. (2020). Akumuliatsiia ta pererозpodil vazhkykh metaliv u suchasnomu ґрунтовому покриві прyrodoохоронnykh terytorii. [Accumulation and redistribution of heavy metals in the modern soil cover of protected areas]. *Heolohichnyi zhurnal*, 1, 58–69 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2020.1.196979>
  11. Razanov, S., Aliksieiev, O., Aliksieieva, O., Vradii, O., Mazur, K., Puyu, V., Piddubna, A., Povochnikov, M., Postoienco, D. & Zelisko, O. (2024). The content of heavy metals and trace elements in different soils used in the conditions of homestead plots and field agricultural lands of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*, 25 (6), 42–50. <https://doi.org/10.12911/22998993/186820>
  12. Vakhutkevych, I. Yu. & Snitynskyi, V. V. (2014). Vmist vazhkykh metaliv v orhanakh i tkanyakh ptytsi. [Content of heavy metals in organs and tissues of poultry]. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterinaryanoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S. Z. Gzhytskoho*, 16 (2(3)), 269–274 [in Ukrainian].
  13. Ciosek, Ż., Kot, K., Kosik-Bogacka, D., Łanocha-Arendarczyk, N. & Rotter, I. (2021). The Effects of Calcium, Magnesium, Phosphorus, Fluoride, and Lead on Bone Tissue. *Biomolecules*, 11 (4), 506. <https://doi.org/10.3390/biom11040506>
  14. Ocampo-Lopez, A., Puente-Valenzuela, C. O., Sánchez-Galván, H., et al. (2024). Lead Concentrations in Tissues of Pigeons (*Columba livia*) in the Urban Area of Comarca Lagunera, Mexico. *Toxics*, 12 (11), 830. <https://doi.org/10.3390/toxics12110830>
  15. Ministerstvo okhorony zdorovia Ukrainy. (2013). Pro zatverdzhennia Derzhavnykh hihienichnykh pravyl i norm "Rehlement maksymalnykh rivniv okremykh zabrudniuichykh rehovyn u kharchovykh produktakh": nakaz MOZ Ukrainy vid 13.05.2013 No. 368, u redaktsii nakazu MOZ Ukrainy vid 22.05.2020 No. 1238 [in Ukrainian].

**Тесля Д.М. Накопичення Pb і Cd у тканинах бройлерів залежно від умов вирощування в підсобних індивідуальних господарствах**

**Мета статті** – вивчити інтенсивність накопичення Pb і Cd у різних тканинах бройлерів залежно від умов вирощування в підсобних індивідуальних господарствах.

**Методи.** Дослідження проводили на курчатах-бройлерах, яких утримували в домашніх умовах за двома варіантами: у кліткових батареях та з вільним вигулом на вигульних майданчиках. Птицю обох груп утримували у пристосованому приміщенні, а групи формували за принципом аналогів з урахуванням віку, породи, статі та живої маси. Рацион бройлерів складався із суміші подрібненого фуражного зерна, до якої входили пшениця, кукурудза, овес, ячмінь, соняшниковий шрот і мінеральна добавка. Вміст Pb і Cd у компонентах кормосуміші та в тканинах птиці визначали атомно-абсорбційним методом після забою на 60-ту добу. Додатково розраховували коефіцієнт небезпеки як відношення фактичної концентрації елемента до максимально допустимого рівня. **Результати.** Встановлено, що вміст Pb і Cd у складових кормосуміші не перевищував максимально допустимих рівнів, а найвищі значення обох металів виявлено у соняшковому шроті. У тканинах бройлерів дослідної групи, які утримувалися з вільним вигулом, вміст Pb і Cd був вищим порівняно з контрольною групою. Найбільші концентрації обох металів виявлено у кістковій тканині, найменші – переважно у жировій. У птиці дослідної групи встановлено перевищення максимально допустимого рівня Pb у м'язовій і кістковій тканинах, а Cd – у м'язовій і кістковій тканинах. У контрольній групі перевищення виявлено лише для Cd у кістковій тканині. **Висновки.** Утримання бройлерів із вільним вигулом і доступом до ґрунту підвищує надходження Pb і Cd в організм птиці та сприяє їх більшому накопиченню у тканинах. Найбільш інформативною для оцінки тривалого надходження важких металів є кісткова тканина. Отримані результати свідчать про необхідність контролю якості кормової сировини, ґрунту вигульних майданчиків і умов утримання птиці в підсобних господарствах.

**Ключові слова:** птиця, важкі метали, кормосуміш, утримання, коефіцієнт небезпеки, забруднення.

**Tesla D.M. Accumulation of Pb and Cd in broiler tissues depending on rearing conditions in household backyard farms**

**The purpose** of the article was to study the intensity of Pb and Cd accumulation in different tissues of broilers depending on rearing conditions in household backyard farms. **Methods.** The study was conducted on broiler chickens reared under household conditions in two variants: in cage batteries and under free-range conditions on outdoor runs. Birds of both groups were kept in an adapted помещение, and the groups were formed according to the principle of analogs, taking into account age, breed, sex, and live body weight. The broiler diet consisted of a mixture of ground feed grain including wheat, maize, oats, barley, sunflower meal, and a mineral supplement. The contents of Pb and Cd in feed mixture components and in poultry tissues were determined by the atomic absorption method after slaughter on day 60. In addition, the hazard quotient was calculated as the ratio of the actual concentration of the element to its maximum permissible level. **Results.** It was established that the contents of Pb and Cd in the feed mixture components did not exceed the maximum permissible levels, and the highest values of both metals were found in sunflower meal. In the tissues of broilers from the experimental group kept under free-range conditions, the contents of Pb and Cd were higher compared with the control group. The highest concentrations of both metals were detected in bone tissue, whereas the lowest were found mainly in adipose tissue. In birds of the experimental group, exceedances of the maximum permissible level were found for Pb in muscle and bone tissues, and for Cd in muscle and bone tissues. In the control group, an exceedance was detected only for Cd in bone tissue. **Conclusions.** Rearing broilers under free-range conditions with access to soil increases the intake of Pb and Cd into the birds' bodies and promotes their greater accumulation in tissues. Bone tissue was the most informative for assessing long-term intake of heavy metals. The obtained results indicate the need to control the quality of feed raw materials, the soil of outdoor runs, and the rearing conditions of poultry in household backyard farms.

**Key words:** poultry, heavy metals, feed mixture, rearing conditions, hazard quotient, contamination.

Дата першого надходження статті до видання: 23.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## ВИДОВИЙ СКЛАД КОРЕНЕВИХ ГНИЛЕЙ ГОРОХУ ПІДЗИМНЬОГО СТРОКУ СІВБИ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

УСОВ Р.М. – аспірант

[orcid.org/0009-0003-2282-7025](https://orcid.org/0009-0003-2282-7025)

Одеський державний аграрний університет

**Постановка проблеми.** Горох є перспективною культурою з високим потенціалом для зміцнення продовольчої безпеки та забезпечення якісних білкових ресурсів як для харчових, так і кормових потреб. В Україні його вирощують у різноманітних ґрунтово-кліматичних зонах, загальна площа у 2025 році становила близько 216,5 тис. га. Найбільші площі зосереджені у Вінницький, Одеський, Полтавський, Київський, Хмельницький та Черкаський областях, частка гороху становить близько 14% від загальної площі зернових культур. Нині вирощування суттєво скоротилися під впливом економічних і воєнних чинників, проте в Лісостеповій зоні зберігається відносна стабільність.

Подальший розвиток виробництва гороху в країні, можливий за умови державної підтримки, впровадження інноваційних агротехнологій та ефективного управління ресурсами, що сприятиме відновленню й нарощуванню обсягів виробництва. Завдяки добре розвиненій кореневій системі, на відміну від більшості зернових культур, горох здатний ефективніше засвоювати поживні речовини з глибших шарів ґрунту, а також використовувати важкорозчинні мінеральні сполуки. Його вирощування, позитивно впливає на родючість ґрунту, сприяючи накопиченню гумусу та біологічного азоту.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Однією з ключових причин зниження врожайності гороху як в Україні, так і за її межами, є ураження рослин збудниками корневих гнилей. У межах нашої країни ці хвороби поширені в усіх зонах вирощування культури та суттєво обмежують її продуктивність. За даними науковців, в умовах Лісостепу України рівень шкідливості корневих гнилей сягає 61,5–61,6%, а втрати врожаю можуть становити 33,5–49,5% [1, 2, 3, 4].

В умовах України посіви гороху щороку зазнають ураження кореневими гнилями: у фазі сходів інфікується близько 15–40% рослин, а в період цвітіння цей показник зростає до 30–70% [5].

За незначного ступеня ураження інтенсивність дихання підвищується приблизно на 30%, тоді як за сильного – до 60%. Активність поліфенолоксидази при цьому зростає у 2–4 рази, а пероксидази – у 5,2–7 разів. Одночасно, спостерігається зменшення загальної адсорбційної поверхні кореневої системи на 14%, при слабкому та на 55%, при сильному ураженні, тоді як її поглинаюча поверхня скорочується відповідно на 13 і 50%. У результаті маса насіння з однієї ураженої рослини знижується на 1,7–2,5 г порівняно зі здоровими, а маса 1000 насінин – на 66–104 г [6].

Оптимальні умови для розвитку корневих гнилей гороху, формуються за вологості ґрунту близько 40%. За такого рівня зволоження рослини ростуть повільніше порівняно з умовами підвищеної вологості (80%) і сильніше уражуються збудниками фузаріозу, зокрема патогеном *Fusarium oxysporum* [7].

Згідно з науковими джерелами, ступінь шкодочинності корневих гнилей, визначається видом патогена, агрокліматичними умовами вирощування та сортовими особливостями культури. Коренева гниль розвивається протягом усього вегетаційного періоду – від появи сходів і до завершення росту рослин. Зокрема, в умовах Київської області, де у 2019 році спостерігався дефіцит опадів у період сходів–бутонізація (19,2 мм за середньої багаторічної норми 83,5 мм), поширеність хвороби у фазі сходів більшості сортів становила 70,0–71,0% при розвитку 31,0–31,4%, а у фазі цвітіння досягала 100% за розвитку 50,2–55,0% відповідно. Автор зазначає, що шкода від хвороби проявляється у випаданні уражених рослин і зрідженні посівів. У роки епіфітотії загинуть рослин може сягати 60–75%, що спричиняє значні втрати врожаю [8, 9, 10].

Дослідженнями М.М. Кирика [11] встановлено, що основними збудниками фузаріозної кореневої гнилі і в'янення гороху в умовах України є *F. oxysporum* Schlecht, *F. culmorum* (W.G. Sm) Sacc, *F. solani*. Рідше хвороба викликається грибами *F. avenaceum* (Er) Sacc., *F. gibbosum* App et Wr., *F. moniliforme* Sheld, *F. graminearum* Schw.

Таким чином, дослідження видового складу та патогенних властивостей збудників корневих гнилей гороху підзимнього строку сівби, дасть змогу цілеспрямовано розробляти ефективні заходи для обмеження їх поширення та розвитку в умовах Лісостепу України.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження проводили в умовах Черкаської області ТОВ «Силікат – 1» у вегетаційні періоди 2023–2025 рр. Посів здійснювали в третій декаді жовтня. Норми висіву – 1,2 млн. насінин на га. Сорт Космай. Розмір ділянок становив 50 м<sup>2</sup>, повторність – чотириразова, розміщення ділянок – систематичне. Ґрунтовий покрив представлений чорноземом звичайним малогумусним, повнопрофільним, важкосуглинковим, сформованим на лесовій породі. В орному шарі вміст гумусу становить 4,3%, загального азоту – 0,25%, фосфору – 0,15%, калію – 2,6%. Водно-фізичні та фізико-хімічні характеристики ґрунту відповідали оптимальним вимогам для вирощування гороху.

Облік поширення та розвитку корневих гнилей гороху здійснювали за загальноприйнятими



фітопатологічними методиками, зокрема за методикою М. М. Кирика.

Обстеження посівів проводили у фази сходів, бутонізації та цвітіння. Для аналізу відбирали не менше 25–50 рослин з кожного варіанта досліджу.

Поширення хвороби (%) визначали за формулою:

$P = (n / N) \times 100$ , де:

n – кількість уражених рослин,

N – загальна кількість обстежених рослин.

Ступінь розвитку хвороби (%) визначали за 5-бальною шкалою ураження:

0 – здорова рослина;

1 – слабе ураження (до 25 %);

2 – середнє (25–50 %);

3 – сильне (50–75 %);

4 – дуже сильне (>75 % або загибель рослини).

Для встановлення етіології захворювання уражені рослини відбирали та аналізували в лабораторних умовах. Фрагменти коренів довжиною 1,5–2 см стерилізували у 96% етиловому спирті протягом 3–5 секунд, після чого промивали стерильною водою та підсушували на стерильному фільтрувальному папері. Матеріал висівали на картопляно-глюкозний агар та інкубували при температурі 22–25 °С. Ідентифікацію грибів проводили за морфолого-культуральними ознаками відповідно до визначників.

Патогенні властивості збудників корневих гнилей гороху з'ясовували за методикою, наведеною у праці М.М. Кирика [12].

Отримані експериментальні дані обробляли методом варіаційної статистики з використанням стандартних програм.

**Результати досліджень.** Упродовж 2023–2025 рр., за результатами проведених нами мікологічних аналізів

уражених рослин гороху у фазах сходів і цвітіння, встановлено, що домінуючими збудниками корневих гнилей були представники родів *Fusarium* – 70,0%, *Rhizoctonia* – 8,5%, *Verticillium* – 6,3%, *Gliocladium* – 4,5%, *Pythium* – 3,5%, *Rhizopus* – 3,0%, *Mucor* – 1,2%, *Trichoderma* – 1,0%, *Penicillium* – 1,0%, *Alternaria* – 1,0% (рис 1.).

Гриби роду *Fusarium*, які були найбільш поширені на уражених рослинах, розподілились наступним чином: *F.oxysporum Schlacht* – 43,2%, *F.solani* – 15,5%, *F. gibbosum var.bullatum* – 11,1%, *F.javanicum* – 9,5%, *F. culmorum* (W. G. Sm.) Sacc. – 8,1%, *F. avenaceum* (Fr.) Sacc – 7,1%, *F. sambucinum* Fuck. – 2,0%, *F. F. moniliforme var Lactia* – 1,5%, *F. heterosporum* Nees – 1,0%, *F. graminearum* Schw – 1,0% (рис. 2).

Встановлено, що кореневі гнилі різних сільськогосподарських культур розвиваються під впливом численних ґрунтових мікроміцетів. Тому, важливою передумовою розроблення ефективних заходів щодо обмеження поширення цього захворювання є визначення та уточнення складу патогенної й супутньої мікобіоти, яка уражує рослини на різних етапах їх онтогенезу.

У наших дослідженнях із ураженої кореневої системи рослин гороху найчастіше виділяли гриби роду *Fusarium*: у фазі сходів, їх частка становила 68,2 %, а під час цвітіння – 51,9 %. Друге місце за поширеністю посідали представники роду *Rhizoctonia* – відповідно 19,3 % і 18,2 %, які зазвичай виявлялися разом із фузаріями. Досить часто, з однієї ураженої кореневої системи ізолювали одночасно кілька видів грибів різних родів (табл. 1).

У меншій кількості було ідентифіковано грибів родів *Gliocladium* (6,0 і 6,1 %), *Pythium* (5,5 та 5,3 %) та *Rhizopus* (3,1% та 4,2%).

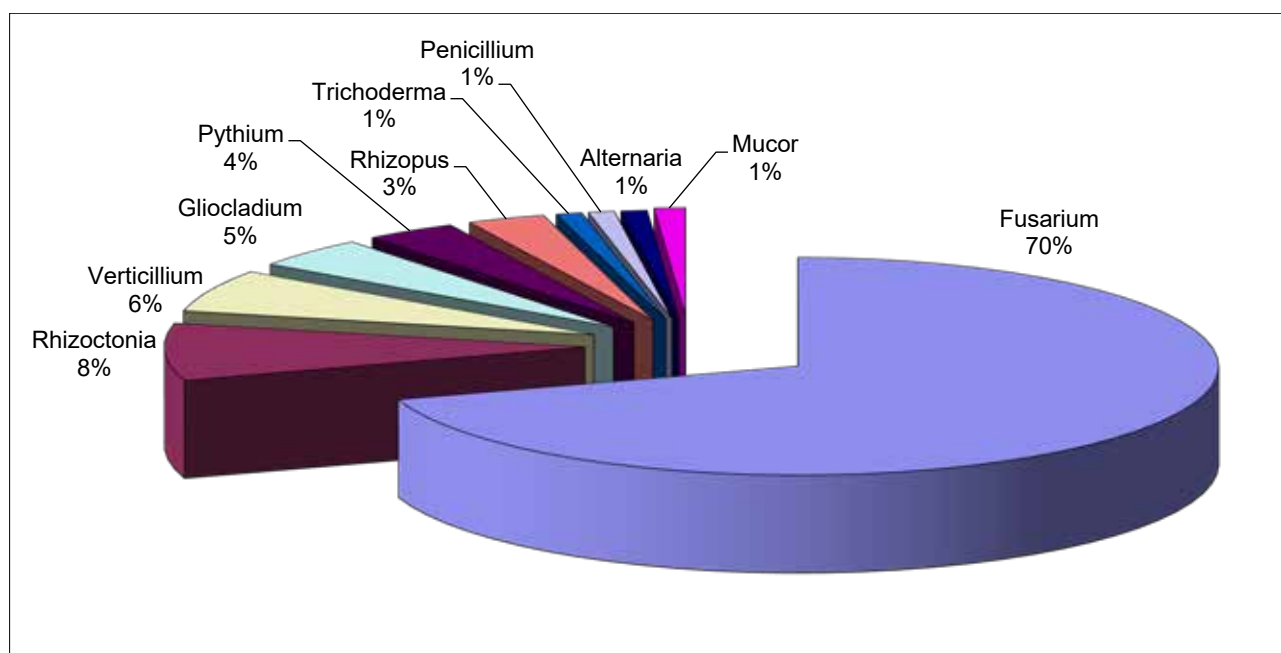


Рис. 1. Співвідношення родів грибів, досліджених з ураженої кореневої системи гороху (сорт Космай, ТОВ «Силікат – 1», середнє 2023-2025 рр.)

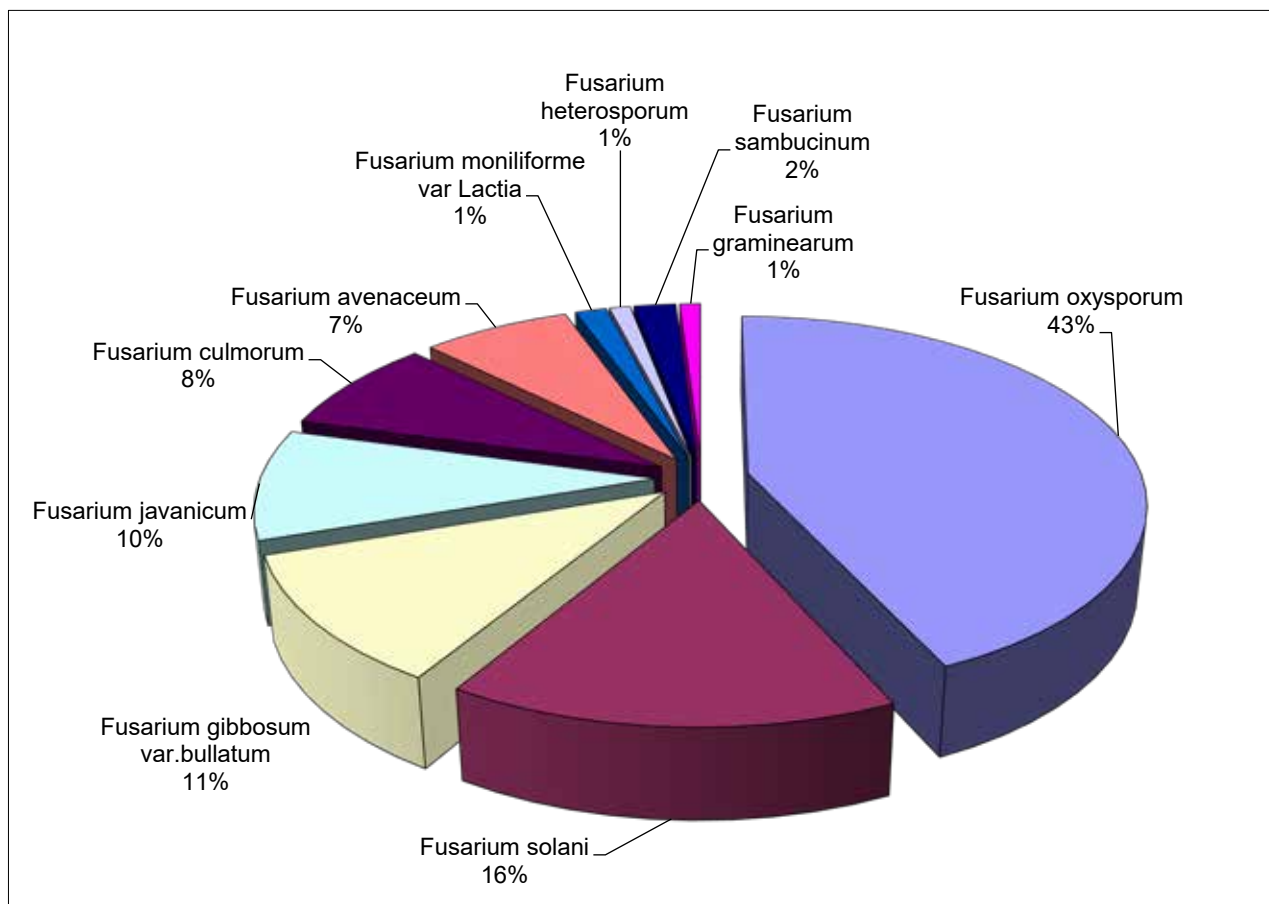


Рис. 2. Співвідношення видового складу грибів роду *Fusarium*, досліджених з ураженої кореневої системи гороху (сорт Космай, ТОВ «Силікат – 1», середнє 2023-2025 рр.).

Таблиця 1.

Мікробіологічний аналіз уражених коренів гороху (сорт Космай, ТОВ «Силікат – 1», середнє 2023-2025 рр.).

| Рід ідентифікованих грибів | Кількість рослин, з яких вилучено гриби у різні фази розвитку, %: |          |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------|
|                            | сходи                                                             | цвітіння |
| <i>Fusarium</i>            | 69,5                                                              | 50,8     |
| <i>Rhizoctonia</i>         | 17,3                                                              | 16,5     |
| <i>Verticillium</i>        | 6,0                                                               | 6,3      |
| <i>Gliocladium</i>         | 6,0                                                               | 6,1      |
| <i>Pythium</i>             | 5,5                                                               | 5,3      |
| <i>Rhizopus</i>            | 3,1                                                               | 4,2      |
| <i>Mucor</i>               | 12,0                                                              | 13,5     |
| <i>Trichoderma</i>         | 8,2                                                               | 8,5      |
| <i>Penicillium</i>         | 6,6                                                               | 6,8      |
| <i>Alternaria</i>          | 8,0                                                               | 8,0      |

Гриби роду *Trichoderma* не зважаючи на те, що відносяться до антагоністів фітопатогенних грибів, були вилучені з 8,2 % рослин у фазу сходів та 8,5 % у фазу цвітіння.

Важливу роль у розкладанні клітковини відіграють найбільш активні представники цього роду – *Trichoderma lignorum* Tode, *T. koningii* Oudem, а також окремі види

фузаріїв і темнопігментовані гриби, що інтенсивно колонізують ґрунт.

Упродовж років досліджень, серед грибів із темнозбарвленим міцелієм із ураженої кореневої системи гороху найчастіше (8,0 %) виділяли представників роду *Alternaria*.

Отже, нами встановлено, що мікобіота ризосфери кореневої системи гороху підзимнього строку висіву

була представлена 10 родами грибів. Домінуючими є гриби родів *Fusarium* – 70,0%, *Rhizoctonia* – 8,5%, *Verticillium* – 6,3%, *Gliocladium* – 4,5%, *Pythium* – 3,5%. Найбільш поширеними збудниками фузаріозних кореневих гнилей гороху є види: *F. oxysporum Schlacht* – 43,2%, *F. solani* – 15,5%, *F. gibbosum var. bullatum* – 11,1%, *F. javanicum* – 9,5%, *F. culmorum* (W. G. Sm.) Sacc. – 8,1%, *F. avenaceum* (Fr.) Sacc – 7,1%. Нами досліджено, що видовий склад патогенів не постійний і значно залежить від метеорологічних умов і фази розвитку рослин. Для зони Лісостепу характерне значне поширення кореневих гнилей упродовж усього періоду вегетації гороху.

**Висновок.** Таким чином, аналізуючи літературні дані та власні дослідження, встановлено, що кореневі гнилі в умовах Лісостепу України призводять до значного порушення обміну речовин в уражених рослинах, в результаті чого, знижується врожай і погіршується якість зерна та зеленої маси гороху. Їх шкідливість залежить від метеорологічних умов вирощування культури, видового складу і патогенних властивостей збудників хвороби. Домінуючими є гриби роду *Fusarium* – 70,0%, найбільш шкодочинними є види: *F. oxysporum Schlacht* – 43,2%, *F. solani* – 15,5%, *F. gibbosum var. bullatum* – 11,1%, *F. javanicum* – 9,5%, *F. culmorum* (W. G. Sm.) Sacc. – 8,1%, *F. avenaceum* (Fr.) Sacc – 7,1%.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Кравченко В.С., Кононенко Л.М., Вишнеvsька Л.В. Біологізація вирощування зернобобових культур в Україні, аналіз та перспектива. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2019. Вип. 92. С. 83–91.
2. Андрушко М.О., Лихочвор В.В., Андрушко О.М. Урожайність зерна гороху залежно від елементів системи удобрення. *Вісник ЛНАУ. Сер. Агрономія*. 2019. № 23. С. 67–71.
3. Андрушко М.О., Лихочвор В.В., Андрушко О.М. Вирощування гороху (*Pisum sativum*) – шлях до екологічних інновацій. *Перспективи екоінноваційного розвитку сільськогосподарського виробництва*: матеріали I Міжнар. наук.-практ. конф., (м. Полтава, 22–23 червня 2020 р.). Полтава: РВВ ПДАА, 2020. С. 10–13.
4. Lemishko S.M. The impact of growth regulators, biological and micro-fertilizers on the processes of pea plant development in the northern steppe of Ukraine. International symposium. *Edition Agricultural and mechanical engineering*. 2020. Vol. 1. P. 74–77.
5. Небаба К. С. Сучасні технології та економічна ефективність виробництва зерна гороху посівного в умовах Лісостепу Західного. *Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва*: IV міжнар. наук.-практ. конф., 26–27 лист. 2020 р. Харків, 2020. С. 92–94.
6. Мороз Є. О., Поспелова Г. Д., Коваленко Н. П. Захист гороху від кореневих гнилей фузаріозної етіології. *Урожайність та якість продукції рослинництва за сучасних технологій вирощування*: міжнародна наук.-практ. конференція, (м. Полтава, 2024). Полтава: ПДАУ, 2024. С. 75–77.
7. Лемішко С. М., Черних С. А., Пашова В. Т. Кореневі гнилі агрофітоценозів гороху в умовах Північного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 121. С. 58–66.
8. Балан Г. О. Аналіз фітосанітарного стану гороху по ураженню хворобами. *Перспективні напрями та інноваційні досягнення аграрної науки*: матеріали II Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Херсон, 22 травня 2020 р.). Херсон: Херсонський державний аграрний університет, 2020. С. 187–192.
9. Небаба К. С. Продуктивність гороху посівного залежно від впливу мінеральних добрив і регуляторів росту в умовах Лісостепу Західного. *Зрошуване землеробство*. 2020. Вип. 74. С. 65–68.
10. Voitovyk M., Gentosh D. T., Krasiuk L., Tsyuk O. Root rot of winter wheat and peas in short-rotation crop rotations. *Agriculture and Plant Sciences: Theory and Practice*. 2023. № 3. С. 15–21.
11. Кирик М. М. Хвороби зернобобових культур: монографія. Київ: Урожай, 2004. 256 с.
12. Кирик М. М., Піковський М. Й. Фітопатологія: підручник. Київ: НУБіП України, 2012. 464 с.

#### REFERENCES:

1. Kravchenko, V.S., Kononenko, L.M., & Vyshnevskaya, L.V. (2019). Biologization of legume cultivation in Ukraine, analysis and prospects. *Ahrarnyi visnyk Prychornomoria*, 92, 83–91 [in Ukrainian].
2. Andrushko, M.O., Lykhochvor, V.V., & Andrushko, O.M. (2019). Urozhainist zerna horokhu zalezno vid elementiv systemy udobrennia [The quality of grain depends on the elements of the fertilizer system]. *Visnyk LNAU. Ser. Ahronomiia*, 23, 67–71 [in Ukrainian].
3. Andrushko, M.O., Lykhochvor, V.V., & Andrushko, O.M. (2020). Vyroshchuvannia horokhu (*Risum sativum*) – shliakh do ekolohichnykh innovatsii [Growing peas (*Pisum sativum*) – the way to ecological innovations]. *Perspektyvy ekoinnovatsiinoho rozvytku silskohospodarskoho vyrobnytstva*: materialy I Mizhnar. nauk.-prakt. konf., (pp. 10–13). Poltava: RVV PDAA [in Ukrainian].
4. Lemishko, S.M. (2020). The impact of growth regulators, biological and micro-fertilizers on the processes of pea plant development in the northern steppe of Ukraine. International symposium. *Edition Agricultural and mechanical engineering*. 1. 74–77.
5. Nebaba, K.S. (2020). Suchasni tekhnolohii ta ekonomichna efektyvnist vyrobnytstva zerna horokhu posivnoho v umovakh Lisostepu Zakhidnoho [Modern technologies and economic efficiency of pea seed production in the conditions of the Western Forest-Steppe]. *Naukovi zasady pidvyshchennia efektyvnosti silskohospodarskoho vyrobnytstva: IV mizhnar. nauk.-prakt. konf.*, (pp. 92–94). Kharkiv. [in Ukrainian].
6. Moroz, Ye. O., Pospelova, H. D., & Kovalenko, N. P. (2024). Zakhyst horokhu vid korenevnykh hnylei fuzarioznoi etiologii [Protection of peas from root rot of fusarium etiology] *Urozhainist ta yakist produktsii roslynnytstva za suchasnykh tekhnolohii vyroshchuvannia: mizhnarodna nauk.-prakt. Konferentsii*, (pp. 75–77). Poltava: PDAU [in Ukrainian].
7. Lemishko, S. M., Chernykh, S. A., & Pashova, V. T. (2021). Korenevi hnyli ahrofitotsenoziv horokhu v umovakh Pivnichnoho Stepu Ukrainy [Root rots of pea agrophytocenoses in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk*. 121. 58–66 [in Ukrainian].



8. Balan, H. O. (2020). Analiz fitosanitarnoho stanu horokhu po urazhennii khvorobamy [Analysis of the phytosanitary condition of peas by disease damage]. *Perspektyvni napriamy ta innovatsiini dosiagnennia ahrarnoi nauky: materialy II Vseukr. nauk.-prakt. inter-net-konf.* (pp. 187–192). Kherson [in Ukrainian].
9. Nebaba, K.S. (2020). Produktivnist horokhu posivnogo zalezno vid vplyvu mineralnykh dobryv i rehulatoriv rostu v umovakh Lisostepu Zakhidnoho [Productivity of field peas depending on the influence of mineral fertilizers and growth regulators in the conditions of the Western Forest-Steppe]. *Zroshuvane zemlerobstvo*, 74, 65–68 [in Ukrainian].
10. Voitovyk, M., Gentosh, D. T., Krasiuk, L., & Tsyuk, O. (2023). Root rot of winter wheat and peas in short-rotation crop rotations. *Agriculture and Plant Sciences: Theory and Practice*. 3. 15–21.
11. Kyryk, M.M. (2004). *Khvoroby zernobobovykh kultur* [Diseases of legume crops: monograph]. Kyiv : Urozhai, 256 [in Ukrainian].
12. Kyryk, M.M., & Pikovskyi, M.Y. (2012). *Fitopatolohiia* [Phytopathology]. Kyiv : NUBiP Ukrainy, 464 [in Ukrainian].

**Усов Р.М. Видовий склад кореневих гнилей гороху підзимнього строку сівби в умовах Лісостепу України**

**Мета.** Дослідити видовий склад та патогенні властивості збудників кореневих гнилей гороху підзимнього строку сівби, що дасть змогу цілеспрямовано розробляти ефективні заходи для обмеження їх поширення та розвитку в умовах Лісостепу України. **Методи.** Дослідження проводили в умовах Черкаської області ТОВ «Силікат – 1» у вегетаційні періоди 2023-2025 рр. Методи: польовий; спостереження; лабораторний, статистичний – для оцінки достовірності даних. **Результати.** У наших дослідженнях із ураженої кореневої системи рослин гороху найчастіше виділяли гриби роду *Fusarium*: у фазі сходів, їх частка становила 68,2 %, а під час цвітіння – 51,9 %. Друге місце за поширеністю посідали представники роду *Rhizoctonia* – відповідно 19,3 % і 18,2 %, які зазвичай виявлялися разом із фузаріями. Досить часто, з однієї ураженої кореневої системи ізолювали одночасно кілька видів грибів різних родів. У меншій кількості було ідентифіковано гриби родів *Gliocladium* (6,0 і 6,1 %), *Pythium* (5,5 та 5,3 %) та *Rhizopus* (3,1% та 4,2%). Гриби роду *Trichoderma* не зважаючи на те, що відносяться до антагоністів фітопатогенних грибів, були вилучені з 8,2 % рослин у фазу сходів та 8,5 % у фазу цвітіння. Важливу роль у розкладанні клітковини відіграють найбільш активні представники цього роду – *Trichoderma lignorum* Tode, *T. koningii* Oudem, а також окремі види фузаріїв і темнопігментовані гриби, що інтенсивно колонізують ґрунт. Упродовж років досліджень, серед грибів із темнозабарвленим міцелієм із ураженої кореневої системи гороху найчастіше (8,0 %) виділяли представників роду *Alternaria*. **Висновки.** Встановлено, що кореневі гнилі в умовах Лісостепу України призводять до значного порушення обміну речовин в уражених рослинах, в результаті чого, знижується врожай і погіршується якість зерна та зеленої маси гороху. Їх шкідливість залежить від метеорологічних умов вирощування культури,

видового складу і патогенних властивостей збудників хвороби. Домінуючими є гриби роду *Fusarium* – 70,0%, найбільш шкодочинними є види: *F.oxysporum* Schlacht – 43,2%, *F.solani* – 15,5%, *F. gibbosum* var.*bullatum* – 11,1%, *F.javanicum* – 9,5%, *F. culmorum* (W. G. Sm.) Sacc. – 8,1%, *F. avenaceum* (Fr.) Sacc – 7,1%.

**Ключові слова:** горох (*Pisum L.*) підзимнього строку сівби, збудники кореневих гнилей, гриби роду *Fusarium*, гриби роду *Trichoderma*, гриби роду *Rhizoctonia*, гриби роду *Gliocladium*.

**Usov R.M. Species composition of root rots of peas of the winter sowing period in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine**

**The purpose.** To study the species composition and pathogenic properties of root rot pathogens of peas of the winter sowing period, which will allow to purposefully develop effective measures to limit their spread and development in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** The study was conducted in the conditions of Cherkasy region LLC "Silicat-1" during the growing seasons of 2023-2025. Methods: field; observation; laboratory, statistical – to assess the reliability of the data. **Results.** In our studies, fungi of the genus *Fusarium* were most often isolated from the affected root system of pea plants: in the germination phase, their share was 68.2%, and during flowering – 51.9%. The second most common were representatives of the genus *Rhizoctonia* – 19.3% and 18.2%, respectively, which were usually found together with *Fusarium*. Quite often, several species of fungi of different genera were isolated from one affected root system at the same time. In smaller quantities, fungi of the genera *Gliocladium* (6.0 and 6.1%), *Pythium* (5.5 and 5.3%) and *Rhizopus* (3.1% and 4.2%) were identified. Fungi of the genus *Trichoderma*, despite the fact that they belong to the antagonists of phytopathogenic fungi, were isolated from 8.2% of plants in the germination phase and 8.5% in the flowering phase. An important role in the decomposition of fiber is played by the most active representatives of this genus – *Trichoderma lignorum* Tode, *T. koningii* Oudem, as well as certain species of *Fusarium* and darkly pigmented fungi that intensively colonize the soil. During the years of research, among the fungi with dark-colored mycelium from the affected pea root system, representatives of the genus *Alternaria* were most often isolated (8.0%). **Conclusions.** It was established that root rot in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine leads to a significant metabolic disorder in the affected plants, as a result of which the yield decreases and the quality of grain and green mass of peas deteriorates. Their harmfulness depends on the meteorological conditions of crop cultivation, species composition and pathogenic properties of pathogens. The dominant fungi are *Fusarium* – 70.0%, the most harmful species are: *F. oxysporum* Schlacht – 43.2%, *F. solani* – 15.5%, *F. gibbosum* var.*bullatum* – 11.1%, *F. javanicum* – 9.5%, *F. culmorum* (W. G. Sm.) Sacc. – 8.1%, *F. avenaceum* (Fr.) Sacc – 7.1%.

**Key words:** peas (*Pisum L.*) of the winter sowing period, root rot pathogens, fungi of the genus *Fusarium*, fungi of the genus *Trichoderma*, fungi of the genus *Rhizoctonia*, fungi of the genus *Gliocladium*.

Дата першого надходження статті до видання: 15.04.2026  
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026  
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## БІОІНДИКАЦІЯ СТАНУ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ У КОНТЕКСТІ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТОКСИКОЛОГІЇ

**ФЕДОРЧУК І.В.** – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри біології та екології  
[orcid.org/0000-0002-4669-6133](https://orcid.org/0000-0002-4669-6133)

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка

**КОЗАК М.І.** – кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології та екології  
[orcid.org/0000-0002-2734-6410](https://orcid.org/0000-0002-2734-6410)

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка

**КОНДРАТЮК А.** – аспірант  
[orcid.org/0009-0006-5096-2584](https://orcid.org/0009-0006-5096-2584)

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка

**Постановка проблеми.** Водні екосистеми залишаються одними з найчутливіших природних систем до антропогенного навантаження, оскільки саме у водоймах акумулюються метали, пестициди, нафтопродукти, фармацевтичні залишки, мікропластик та складні суміші речовин із різними механізмами токсичної дії [1, 2]. Хімічний аналіз є необхідною складовою екологічної оцінки, проте він не завжди відтворює реальний біологічний ефект, особливо за умов хронічного надходження низьких концентрацій, комбінованої дії забруднювачів і вираженої просторово-часової мінливості середовища [3, 4]. Саме тому біоіндикація у межах екологічної токсикології розглядається не як допоміжний, а як змістовно центральний інструмент, який дозволяє співвіднести хімічне навантаження з відповіддю живих систем.

Актуальність проблеми посилюється тим, що класичні схеми моніторингу тривалий час були зорієнтовані або на окремі тест-організми, або на опис структурних змін угруповань без достатнього зв'язку з механізмами токсичної дії [1, 5]. Унаслідок цього між ранніми сублетальними порушеннями та більш пізніми екосистемними наслідками нерідко виникає інтерпретаційний розрив. Для екологічної токсикології це має принципове значення, оскільки саме раннє виявлення функціонального напруження, пригнічення репродукції, зміщення трофічних взаємодій або витіснення чутливих таксонів визначає можливості попередження деградації водних систем [3, 6].

Сучасний етап розвитку галузі характеризується переходом від одноіндикаторних моделей до багаторівневих підходів, де поєднуються організмові, популяційні, ценотичні та молекулярні показники [7, 8]. Водночас не вирішеними залишаються питання відбору найбільш інформативних біоіндикаторів для різних типів контамінантів, зіставлення класичних морфологічних методів із новими молекулярними технологіями, а також стандартизації інтегральних індексів, здатних узгодити різнорівневі сигнали в єдину аналітичну модель [9, 10]. Саме ці наукові прогалини обумовлюють необхідність системного перегляду сучасних підходів до біоіндикації стану водних екосистем у токсикологічному контексті.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Guerrero Aguilar та ін. узагальнили історичну еволюцію біомоніторингових підходів і показали, що найстійкішу методичну цінність зберігають комбінації водоростей, бентосних безхребетних та риб, оскільки вони фіксують як локальні, так і інтегральні порушення гідроекологічного режиму [1]. Ceschin та ін. обґрунтували, що макрофіти не можна розглядати лише як фоновий елемент угруповання, оскільки саме вони часто акумулюють наслідки тривалого токсичного навантаження та гідроморфологічних змін, які лишаються недостатньо помітними на рівні короткотривалих тестів [11]. Taurozzi та ін. довели високу діагностичну цінність діатомей, особливо для виявлення складних градієнтів мінералізації, трофності та фізико-хімічних зсувів, проте підкреслили їхню залежність від типу середовища та гідрологічної мінливості [7].

Rosner та ін. наполягають на багатотаксонному підході, за якого оцінка токсичного тиску не зводиться до кількох стандартних модельних видів, оскільки звуження спектра тест-організмів збіднює екологічну валідність висновків [5]. Leung та ін. показали, що *Daphnia* зберігає статус ключового модельного об'єкта завдяки поєднанню високої чутливості, короткого життєвого циклу та придатності до тестування як класичних токсикологічних кінцевих точок, так і нових молекулярних або метаболомних маркерів [6]. Chen та ін. довели, що водні мікроорганізми здатні забезпечувати ранню фіксацію токсичної дії, особливо у випадку швидких сублетальних зрушень, тоді як Antil та ін. підкреслили зростаюче значення циліат як біоіндикаторів у забруднених прісноводних системах [2, 12].

El-SiKaily та Shabaka узагальнили, що сучасна еко-токсикологічна діагностика дедалі частіше спирається на багаторівневі біомаркери, від оксидативного стресу до поведінкових зрушень, але без інтегруючої процедури такі сигнали важко узгодити між собою [3]. У цьому контексті принципове значення мають праці Beliaeff і Burgeot, Devin та ін., а також Serafim та ін., які сформували і розвинули концепцію інтегрованої біомаркерної відповіді, показавши її корисність, але й методичні





ризиків у випадку некоректної нормалізації, добору маркерів або інтерпретації сезонної мінливості [4, 9, 10].

**Мета.** Визначити роль біоіндикації стану водних екосистем у контексті екологічної токсикології.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження виконано як аналітичний огляд сучасних наукових джерел. Пошук літератури проведено в базах Web of Science, Scopus, PubMed. Критеріями включення були тематична відповідність проблемі, наявність чітко окресленого біоіндикаторного або біомаркерного підходу, зв'язок із оцінкою токсичного навантаження у водних середовищах, а також методична значущість для сучасної системи екотоксикологічного моніторингу. До остаточного корпусу аналізу включено 15 джерел. Застосовано методи бібліосемантичного аналізу, систематизації, порівняння, синтезу та узагальнення літературних даних. Матеріал групували за рівнями біоіндикаційної відповіді: таксономічно-спільнотний, організмowo-функціональний, біомаркерний та молекулярно-оміксний.

**Результати досліджень.** Аналіз джерел показав, що біоіндикація у водній екотоксикології розвивається у напрямі методичної інтеграції. Якщо ранні підходи були орієнтовані переважно на оцінку стану угруповань або на результати тестування кількох модельних видів, то сучасна парадигма виходить із того, що жоден окремий біоіндикатор не є універсальним [1, 5]. Саме тому у центрі уваги опинилося поєднання чутливих тест-організмів, польових індикаторних угруповань, багатобіомаркерних панелей та інструментів молекулярного профілювання [3, 8]. Такий перехід має не лише технічне, а й концептуальне значення, оскільки дозволяє простежити причинний ланцюг від контакту з контамінантом до функціональної перебудови екосистеми.

Guerrero Aguilar та ін. проаналізували понад 800 публікацій і дійшли висновку, що найстійкішими в практиці моніторингу залишаються три групи індикаторів, водорості, макрзообентос і риби [1]. Їхній огляд важливий тим, що автори не обмежилися переліком таксонів, а розмежували підходи за типом метрик. Вони показали, що біотичні індекси, різноманіття, мультиметричні моделі, функціональні метрики та нові покоління біомоніторингу вирішують різні аналітичні задачі.

На рівні фотосинтезуючих індикаторів особливу позицію посідають діатомеї та макрофіти. Taurozzi та ін., узагальнивши 512 джерел про ефемерні прісноводні системи, наголошують, що діатомові угруповання є надзвичайно чутливими до змін електропровідності, рН, температури та гідрологічного режиму [7]. Автори показали, що діатомеї добре працюють як ранні індикатори градієнтних зсувів, але для коректної інтерпретації потребують жорсткої екосистемної прив'язки. Цей висновок є принциповим: висока чутливість без екологічного контексту може збільшувати кількість сигналів, але не завжди покращує діагностику причин стресу.

Ceschin та ін. підходять до цієї проблеми з іншого боку і доводять, що водні макрофіти не можна вважати другорядними біоіндикаторами [11]. Вони інтегрують ефекти тривалішого забруднення, акумулюють наслідки трансформації донних відкладів, змін прозорості, евтрофікації та токсичного впливу на рівні місцезростання. Із

цього випливає важливий методичний висновок: діатомеї є сильними індикаторами коротшого та швидше мінливого градієнта, тоді як макрофіти краще віддзеркалюють хронічні і структурні порушення [11].

У блоці організмowo-функціональної біоіндикації центральне місце зберігають водні безхребетні. Rosner та ін. переконливо показали, що в екотоксикологічних дослідженнях спостерігається таксономічний дисбаланс, коли надмірна орієнтація на обмежений набір модельних видів спрощує експеримент, але знижує екологічну репрезентативність висновків [5]. Автори наполягають на широкотаксонному підході, оскільки різні безхребетні мають неоднакову трофічну позицію, різну тривалість життєвого циклу та різні механізми контакту із забруднювачем. Саме ця аргументація зближує токсикологічне тестування з реальною структурою водної спільноти.

Leung та ін. розглядають *Daphnia* не лише як класичний тест-об'єкт, а як платформу нового покоління для оцінки ризику [6]. Вони підкреслюють, що екологічна вага *Daphnia* визначається поєднанням швидкого життєвого циклу, високої чутливості до фармацевтичних речовин, металів та інших контамінантів, а також придатності до інтеграції з NAMs, AOP-підходами і мультиоміксними методами. У цьому випадку сильна сторона моделі полягає в тому, що сублетальні зміни у рості, розмноженні, живленні чи метаболізмі безпосередньо пов'язані з функціонуванням пелагічної ланки трофічної мережі.

Не менш перспективними є водні мікроорганізми і циліати. Chen та ін. у порівняльному огляді методів оцінки токсичності для водних мікроорганізмів показали, що саме ці системи часто першими фіксують токсичний сигнал, який ще не перейшов у морфологічно видимі зміни на вищих рівнях організації [2]. Автори особливо наполягають на необхідності комбінування тестів, заснованих на рості, фотосинтезі, метаболічній активності та клітинній життєздатності, оскільки окремий тест відбиває лише частину токсичного механізму. Antil та ін., аналізуючи потенціал циліат, роблять ще один важливий крок: вони пропонують не обмежуватися лише реєстрацією видової структури, а поєднувати угрупованеві сигнатури з показниками стрес-відповіді [12]. Циліати стають містком між класичною сапробіологічною традицією і сучасною молекулярною екотоксикологією.

З огляду на наведені дані, біоіндикація на організмowoму рівні є найціннішою тоді, коли вона дозволяє перейти від простої реєстрації наявності чи відсутності таксона до розуміння того, які функції втрачає або послаблює система під дією контамінантів. Саме тому сучасна екотоксикологія дедалі частіше оцінює не лише летальність, а репродуктивний потенціал, швидкість росту, фільтраційну активність, поведінкові реакції та міжгенераційні ефекти [2, 5, 6, 12].

Для систематизації сучасних біоіндикаторних підходів доцільно зіставити не лише таксономічні групи, а й той рівень інформації, який вони забезпечують у токсикологічному моніторингу. Це дозволяє точніше визначити, коли певний індикатор виконує роль раннього сенсора, а коли він відображає вже сформовану екосистемну перебудову (табл. 1) [2, 6].

Таблиця 1

**Порівняльна характеристика сучасних біоіндикаторних підходів у водній екотоксикології**

| Група індикаторів            | Що відображає                                                       | Сильна сторона                                             | Обмеження                                                               | Джерела       |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Діатомеї                     | Швидкі зсуви у фізико-хімічних градієнтах, трофності, мінералізації | Висока чутливість і добра просторово-часова деталізація    | Потребують урахування гідрологічного та біогеографічного контексту      | [1, 7]        |
| Макрофіти                    | Наслідки хронічного забруднення і трансформації місцевих рослин     | Інтегрують тривалі зміни середовища                        | Повільніша відповідь на короткі токсичні імпульси                       | [1, 11]       |
| Макрозообентос               | Структурні та функціональні зміни донних угруповань                 | Добре відображає екологічну якість водойми                 | Морфологічна ідентифікація трудомістка; чутливість залежить від таксона | [1, 5, 13]    |
| Daphnia та інший зоопланктон | Сублетальні ефекти, репродукцію, ріст, метаболічні зсуви            | Висока відтворюваність тестів, придатність до NAMs         | Лабораторна модель не охоплює всього спектра польових взаємодій         | [6]           |
| Мікроорганізми і циліати     | Ранню клітинну реакцію, порушення метаболізму, стрес-відповідь      | Висока чутливість до короткочасного і сублетального впливу | Результати чутливі до методики культивування та вибору кінцевої точки   | [2, 12]       |
| Біомаркерні панелі та IBR    | Механізми токсичної дії від субклітинного до організмowego рівня    | Дозволяють інтегрувати різноманітні сигнали                | Потребують стандартизації та коректної нормалізації                     | [3, 4, 9, 10] |
| Оміксні та eDNA-підходи      | Приховані молекулярні та таксономічні зсуви, недоступні морфології  | Висока роздільна здатність і рання діагностика             | Методозалежність, потреба у референсних базах і стандартах аналізу      | [8, 13–15]    |

Жодна група індикаторів не охоплює весь ланцюг токсичного процесу самостійно. Діатомеї, циліати та мікроорганізми демонструють високу чутливість на ранніх етапах порушення, але потребують контекстуалізації через абіотичні параметри та структуру угруповання [1, 2, 7, 12]. Макрофіти і риби, навпаки, краще інтегрують тривалі зміни, проте реагують повільніше [1, 11]. Безхребетні моделі, передусім *Daphnia* та макрозообентос, займають проміжну позицію і тому є особливо корисними для зв'язування лабораторної токсикології з польовим моніторингом [6]. Найперспективнішим напрямом є не конкуренція цих підходів, а їх ієрархічне поєднання.

Біомаркерний рівень аналізу істотно змінив характер інтерпретації токсичного впливу. El-Sikaily та Shabaka переконливо доводять, що біомаркери мають найбільшу аналітичну цінність тоді, коли охоплюють кілька рівнів біологічної організації, від молекулярного і клітинного до організмowego [3]. Автори наполягають, що окремий біомаркер не може слугувати достатньою підставою для висновку про екологічний стан, оскільки навіть виражена біохімічна відповідь не завжди означає розвиток стійкого ушкодження. Цей підхід зміщує акцент із пошуку «ідеального маркера» на конструювання змістовної батареї показників.

Beliaeff та Burgeot запропонували інтегровану біомаркерну відповідь як інструмент екологічної оцінки саме тому, що польові умови майже завжди продукують мозаїчні сигнали [9]. Їхня ідея полягала у зведенні різних реакцій у єдиний індекс, здатний відобразити

загальний рівень стресу. Надалі Devin та ін. показали, що без належної нормалізації, вибору референсних значень і контролю за статистичними ефектами інтегрований індекс реакції біомаркерів (IBR) легко перетворюється на формально зручний, але методично вразливий показник [10]. Отже, сам факт інтеграції даних ще не гарантує наукової коректності. Потрібна прозора процедура конструювання індексу, інакше інтегральна оцінка втрачає зміст.

Практичну значущість IBR добре продемонстрували Serafim та ін., які застосували цей індекс у двох португальських водних системах з вираженим антропогенним тиском [4]. Автори показали, що інтегрований підхід краще відображає сезонну мінливість токсичного навантаження, ніж ізольоване тлумачення окремих ферментативних або фізіологічних маркерів. Для водної токсикології це має принципове значення, оскільки реальний ризик формується не лише концентрацією речовини, а й часовою конфігурацією експозиції, температурним режимом, гідродинамікою та фоновим станом організмів.

Відповідно, біомаркерна біоіндикація повинна розглядатися як механістичне ядро екотоксикологічного моніторингу. Вона потрібна не для ізольованого вимірювання стресу, а для встановлення того, які саме фізіологічно-біохімічні ланки є найбільш вразливими до певного типу забруднювача, наскільки стійкою є відповідь і чи трансформується вона у порушення на вищих рівнях організації.

Сучасна література дозволяє розглядати біоіндикацію як багаторівневу послідовність подій, у якій ранній

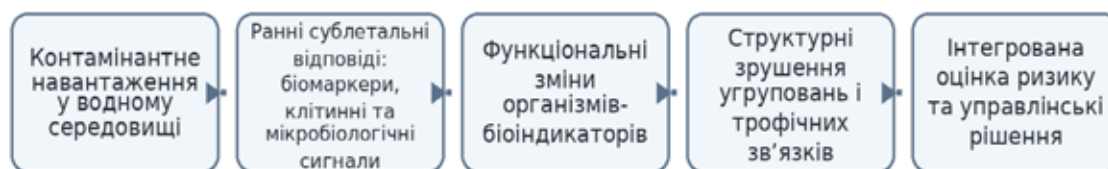


Рис. 1. Модель біоіндикації у водній екотоксикології

клітинний або мікробіологічний сигнал поступово переходить у функціональні та ценотичні зміни (рис. 1).

Рисунок 1 показує, що найбільш науково продуктивною є така модель моніторингу, у якій жодний рівень не відривається від іншого. Якщо оцінка обмежується лише наявністю контамінанта, вона не дає відповіді на питання про біологічний ефект. Якщо фіксуються лише біохімічні реакції, але не аналізується структура угруповань, неможливо встановити екологічну вагу цих змін. Якщо ж використовуються лише угрупованеві індекси, то втрачається механістичне пояснення токсичної дії.

Перехід до молекулярно-омікських технологій став однією з найпомітніших тенденцій останнього десятиліття. Machuca-Serúveda та ін. показали, що геноміка, метагеноміка, транскриптоміка, протеоміка, метаболоміка та мультиомікські комбінації вже не є експериментальною периферією, а поступово входять до інструментарію прісноводного біомоніторингу [8]. Їхній огляд важливий тим, що автори прямо вказують на ключову перевагу омікських підходів, а саме здатність виявляти зміни до того, як вони стануть видимими на морфологічному або популяційному рівнях. Водночас вони наполягають на необхідності стандартизації протоколів, біоінформатичного аналізу та екологічного тлумачення результатів.

Múrria та ін. на матеріалі прісноводного макрозобентосу показали, що bulk-метабаркодинг і водний eDNA не є взаємозамінними технологіями [13]. Автори доводять, що bulk-підхід демонструє більшу конгруентність із морфологічною оцінкою, тоді як eDNA виявляє комплементарну частину різноманіття, але поки що не завжди коректно відтворює бентосні спільноти у водній товщі. Цей висновок має безпосереднє прикладне значення: молекулярна чутливість не дорівнює автоматично більшій екологічній точності. Метод потрібно обирати не за технологічною новизною, а за відповідністю моніторинговому завданню [13].

Chen та ін. ще чіткіше показують цю проблему на рівні праймерного дизайну [14]. Вони систематично продемонстрували, що результати eDNA-метабаркодингу істотно залежать від вибору праймерів, таксономічного охоплення та середовища аналізу. Це означає, що молекулярний моніторинг не може вважатися стандартизованим «чорним ящиком». Його наукова сила проявляється лише за умови прозорої методичної архітектури. Esser та ін. у свою чергу наполягають, що секвенування нового покоління має змінити підхід до прісноводного моніторингу, оскільки дозволяє перейти від реєстрації окремих видів до аналізу структури функціональних і мікробних мереж [15]. У цьому полягає

стратегічна цінність NGS для екологічної токсикології: оцінюється не лише те, хто присутній у системі, а й те, як змінюється її функціональний потенціал.

Разом із тим сучасні молекулярні технології не скасовують класичної біоіндикації. Навпаки, наявні джерела переконливо показують, що найбільш надійні висновки отримують тоді, коли омікські та eDNA-підходи вбудовуються у вже існуючу систему таксономічної, функціональної і біомаркерної оцінки [13–15]. У цьому разі молекулярний сигнал не підмінює собою екологічний аналіз, а поглиблює його.

#### Висновки.

1. Біоіндикація у водній екологічній токсикології включає багаторівневою систему оцінки, яка включає таксономічні індикатори, функціональні ознаки, біомаркери та молекулярні інструменти.

2. Діатомеї, макрофіти, *Daphnia*, циліати, водні мікроорганізми та багатотаксонні угруповання відображають різні часові та механістичні зрізи токсичного навантаження. Саме тому вибір біоіндикатора повинен визначатися типом контамінанта, тривалістю експозиції та тим рівнем екологічної відповіді, який необхідно зафіксувати.

3. Омікські технології, eDNA-метабаркодинг і секвенування нового покоління підвищують рівень чутливості оцінки. Хоча однак найбільш ефективні результати вони мають лише у складі інтегрованої моделі моніторингу, а не як ізольована заміна класичних підходів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Guerrero Aguilar A., Rodríguez Castrejón U. E., Serafín Muñoz A. H., Schüth C., Noriega Luna B. Bioindicators and biomonitoring: Review of methodologies applied in water bodies and use during the Covid-19 pandemic. *Acta Universitaria*. 2022. Vol. 32. P. e3388. <https://doi.org/10.15174/au.2022.3388>
- Chen H., Li Y., Chen Q. Methodologies for assessing chemical toxicity to aquatic microorganisms: A comparative review. *Molecules*. 2026. Vol. 31(3). P. 485. <https://doi.org/10.3390/molecules31030485>
- El-Sikaily A., Shabaka S. Biomarkers in aquatic systems: Advancements, applications and future directions. *Egyptian Journal of Aquatic Research*. 2024. Vol. 50(2). P. 169-182. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2024.05.002>
- Serafim A., Company R., Lopes B., Fonseca V. F., França S., Vasconcelos R. P., Bebianno M. J., Cabral H. N. Application of an integrated biomarker response index (IBR) to assess temporal variation of environmental quality in two Portuguese aquatic systems. *Ecological Indicators*. 2012. Vol. 19. P. 215-225. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.08.009>

5. Rosner A., Ballarin L., Barnay-Verdier S., Borisenko I., Drago L., Drobne D., et al. A broad-taxa approach as an important concept in ecotoxicological studies and pollution monitoring. *Biological Reviews*. 2024. Vol. 99(1). P. 131-176. <https://doi.org/10.1111/brv.13015>
6. Leung A., Rowan E., Melati Chiappara F., Grintzalis K. Water Monitoring Practices 2.0-Water Fleas as Key Species in Ecotoxicology and Risk Assessment. *Limnological Review*. 2025. Vol. 25(3). P. 30. <https://doi.org/10.3390/limnolrev25030030>
7. Taurozzi D., Cesarini G., Scalici M. Diatoms as bioindicators for health assessments of ephemeral freshwater ecosystems: A comprehensive review. *Ecological Indicators*. 2024. Vol. 166. P. 112309. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112309>
8. Machuca-Sepúlveda J., Miranda J., Lefin N., Pedroso A., Beltrán J. F., Farias J. G. Current status of omics in biological quality elements for freshwater biomonitoring. *Biology*. 2023. Vol. 12(7). P. 923. <https://doi.org/10.3390/biology12070923>
9. Beliaeff B., Burgeot T. Integrated biomarker response: A useful tool for ecological risk assessment. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2002. Vol. 21(6). P. 1316-1322. <https://doi.org/10.1002/etc.5620210629>
10. Devin S., Burgeot T., Giambérini L., Minguez L., Pain-Devin S. The integrated biomarker response revisited: Optimization to avoid misuse. *Environmental Science and Pollution Research*. 2014. Vol. 21(4). P. 2448-2454. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-2169-9>
11. Ceschin S., Bellini A., Scalici M. Aquatic plants and ecotoxicological assessment in freshwater ecosystems: A review. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021. Vol. 28(5). P. 4975-4988. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11496-3>
12. Antil S., Varatharajan G. R., Ndayishimiye J. C., Nyirabuhoro P., Saldaev D., Kumar S., Toteja R., Makhija S., La Terza A., Mazei Y. A. Ciliates as next-generation bioindicators in pollution-impacted freshwaters: Integrating community signatures with stress-response endpoints. *Journal of Microbiological Methods*. 2026. Vol. 242. P. 107412. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2026.107412>
13. Múrria C., Wangenstein O. S., Somma S., Väisänen L., Fortuño P., Arnedo M. A., Prat N. Taxonomic accuracy and complementarity between bulk and eDNA metabarcoding provides an alternative to morphology for biological assessment of freshwater macroinvertebrates. *Science of the Total Environment*. 2024. Vol. 935. P. 173243. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173243>
14. Chen X., Yan Z., Li S., Zhou W., Xu S., Feng Y., Yang C., Ma J., Hu Z., Yang J. Advancing aquatic biodiversity assessments of invertebrates using eDNA metabarcoding: A systematic evaluation of primers for marine and freshwater communities. *Methods in Ecology and Evolution*. 2025. Vol. 16(10). P. 2408-2430. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.70152>
15. Esser M., Brinkmann M., Hecker M. Solving freshwater conservation challenges through next-generation sequencing approaches. *Environmental Science: Advances*. 2024. Vol. 3(9). P. 1181-1196. <https://doi.org/10.1039/D4VA00112E>

## REFERENCES:

1. Guerrero Aguilar, A., Rodríguez Castrejón, U. E., Serafín Muñoz, A. H., Schüth, C., & Noriega Luna, B. (2022). Bioindicators and biomonitoring: Review of methodologies applied in water bodies and use during the Covid-19 pandemic. *Acta Universitaria*, 32, e3388. <https://doi.org/10.15174/au.2022.3388>
2. Chen, H., Li, Y., & Chen, Q. (2026). Methodologies for assessing chemical toxicity to aquatic microorganisms: A comparative review. *Molecules*, 31(3), 485. <https://doi.org/10.3390/molecules31030485>
3. El-Sikaily, A., & Shabaka, S. (2024). Biomarkers in aquatic systems: Advancements, applications and future directions. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 50(2), 169-182. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2024.05.002>
4. Serafim, A., Company, R., Lopes, B., Fonseca, V. F., França, S., Vasconcelos, R. P., Bebianno, M. J., & Cabral, H. N. (2012). Application of an integrated biomarker response index (IBR) to assess temporal variation of environmental quality in two Portuguese aquatic systems. *Ecological Indicators*, 19, 215-225. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.08.009>
5. Rosner, A., Ballarin, L., Barnay-Verdier, S., Borisenko, I., Drago, L., Drobne, D., et al. (2024). A broad-taxa approach as an important concept in ecotoxicological studies and pollution monitoring. *Biological Reviews*, 99(1), 131-176. <https://doi.org/10.1111/brv.13015>
6. Leung, A., Rowan, E., Melati Chiappara, F., & Grintzalis, K. (2025). Water Monitoring Practices 2.0-Water Fleas as Key Species in Ecotoxicology and Risk Assessment. *Limnological Review*, 25(3), 30. <https://doi.org/10.3390/limnolrev25030030>
7. Taurozzi, D., Cesarini, G., & Scalici, M. (2024). Diatoms as bioindicators for health assessments of ephemeral freshwater ecosystems: A comprehensive review. *Ecological Indicators*, 166, 112309. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112309>
8. Machuca-Sepúlveda, J., Miranda, J., Lefin, N., Pedroso, A., Beltrán, J. F., & Farias, J. G. (2023). Current status of omics in biological quality elements for freshwater biomonitoring. *Biology*, 12(7), 923. <https://doi.org/10.3390/biology12070923>
9. Beliaeff, B., & Burgeot, T. (2002). Integrated biomarker response: A useful tool for ecological risk assessment. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 21(6), 1316-1322. <https://doi.org/10.1002/etc.5620210629>
10. Devin, S., Burgeot, T., Giambérini, L., Minguez, L., & Pain-Devin, S. (2014). The integrated biomarker response revisited: Optimization to avoid misuse. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(4), 2448-2454. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-2169-9>
11. Ceschin, S., Bellini, A., & Scalici, M. (2021). Aquatic plants and ecotoxicological assessment in freshwater ecosystems: A review. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(5), 4975-4988. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11496-3>
12. Antil, S., Varatharajan, G. R., Ndayishimiye, J. C., Nyirabuhoro, P., Saldaev, D., Kumar, S., Toteja, R., Makhija, S., La Terza, A., & Mazei, Y. A. (2026). Ciliates as next-generation bioindicators in pollution-impacted freshwaters: Integrating community signatures with stress-response endpoints. *Journal of Microbiological Methods*, 242, 107412. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2026.107412>

13. Múrria, C., Wangenstein, O. S., Somma, S., Väisänen, L., Fortuño, P., Arnedo, M. A., & Prat, N. (2024). Taxonomic accuracy and complementarity between bulk and eDNA metabarcoding provides an alternative to morphology for biological assessment of freshwater macroinvertebrates. *Science of the Total Environment*, 935, 173243. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173243>
14. Chen, X., Yan, Z., Li, S., Zhou, W., Xu, S., Feng, Y., Yang, C., Ma, J., Hu, Z., & Yang, J. (2025). Advancing aquatic biodiversity assessments of invertebrates using eDNA metabarcoding: A systematic evaluation of primers for marine and freshwater communities. *Methods in Ecology and Evolution*, 16(10), 2408-2430. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.70152>
15. Esser, M., Brinkmann, M., & Hecker, M. (2024). Solving freshwater conservation challenges through next-generation sequencing approaches. *Environmental Science: Advances*, 3(9), 1181-1196. <https://doi.org/10.1039/D4VA00112E>

**Федорчук І.В., Козак М.І., Кондратюк А.**  
**Біоіндикація стану водних екосистем у контексті екологічної токсикології**

**Мета.** Визначити роль біоіндикації стану водних екосистем у контексті екологічної токсикології

**Методи.** Роботу виконано як аналітичний огляд. Пошук джерел проведено в базах Web of Science, Scopus, PubMed та на платформах провідних наукових видавців. До огляду включено 15 джерел, що відображають сучасні напрями біоіндикації у водній екотоксикології, а також фундаментальні праці з інтегрованої біомаркерної оцінки. Використано бібліосемантичний аналіз, порівняння, систематизацію, проблемно-аналітичну інтерпретацію та критичне зіставлення підходів на різних рівнях біологічної організації.

**Результати.** Показано, що сучасна біоіндикація перестала обмежуватися описом видового складу і дедалі частіше спирається на поєднання таксономічних, функціональних, фізіолого-біохімічних та молекулярних ознак. Діатомей залишаються однією з найчутливіших груп для оцінки градієнтів трофності, мінералізації та комплексного хімічного навантаження. Тоді як макрофіти краще інтегрують наслідки хронічного впливу і змін середовища у просторі та часі. Зоопланктонні моделі, насамперед *Daphnia*, забезпечують високу відтворюваність токсикологічних тестів і дають змогу оцінити репродуктивні, поведінкові та метаболічні зрушення. Циліати і водні мікроорганізми розглядаються як перспективні індикатори ранньої реакції на стресори, особливо у випадках, коли потрібна висока чутливість до короткотривалого або сублетального впливу. Суттєвого значення набули біомаркерні батареї та інтегральні індекси. Вони дозволяють агрегувати відповіді від субклітинного до організмового рівня, але вимагають жорсткої стандартизації для уникнення хибних висновків. Окремо встановлено, що оміксні технології, eDNA-метабаркодинг та секвенувальні платформи нового покоління підвищують таксономічну роздільну здатність моніторингу та дають змогу виявляти зрушення, які не завжди фіксуються морфологічними методами.

**Висновки.** Найбільшу наукову та практичну цінність має комплексна модель біоіндикації, що поєднує класичні угруповання індикаторів, оцінку за допомогою декількох біомаркерів та молекулярні методи. Така система підвищує чутливість моніторингу, покращує причинно-наслідкову інтерпретацію екологічних змін та наближає оцінку токсичного ризику до реальних процесів, що відбуваються у водних екосистемах.

**Ключові слова:** біомоніторинг, діатомей, макрозообентос, молекулярні маркери, eDNA-метабаркодинг, інтегральна біомаркерна відповідь, контамінанти.

**Fedorchuk I.V., Kozak M.I., Kondratiuk A.**  
**Bioindication of the State of Aquatic Ecosystems in the Context of Environmental Toxicology**

**Purpose.** To determine the role of bioindication of the state of aquatic ecosystems in the context of environmental toxicology.

**Methods.** The study was designed as a narrative analytical review. The literature search was conducted in Web of Science, Scopus, PubMed and on the platforms of major academic publishers. Fifteen sources were selected, covering current directions in aquatic bioindication and the key methodological works on integrated biomarker assessment. Bibliosemantic analysis, comparison, systematization, problem-oriented interpretation and critical cross-reading of approaches operating at different levels of biological organization were applied.

**Results.** The analysis showed that contemporary bioindication is no longer limited to descriptive taxonomy and increasingly relies on the integration of taxonomic, functional, physiological, biochemical and molecular evidence. Diatoms remain among the most sensitive indicators for trophic gradients, mineralization and complex chemical pressure, whereas macrophytes better integrate the consequences of chronic exposure across space and time. Zooplankton models, especially *Daphnia*, provide highly reproducible toxicity testing and reveal reproductive, behavioural and metabolic alterations. Ciliates and aquatic microorganisms are emerging as sensitive indicators of early stress responses, particularly under short-term and sublethal exposure scenarios. Multibiomarker batteries and integrated indices such as IBR substantially improve the interpretability of suborganismal responses, although their use requires strict normalization and methodological discipline. Omics technologies, eDNA metabarcoding and next-generation sequencing further enhance taxonomic resolution and detect community shifts that may remain hidden when only morphology-based approaches are used.

**Conclusions.** The highest scientific and practical value belongs to an integrated bioindication model combining classical indicator assemblages, multibiomarker assessment and molecular methods. Such a framework increases monitoring sensitivity, improves causal interpretation of ecological change and brings toxic risk assessment closer to the real processes occurring in aquatic ecosystems.

**Key words:** biomonitoring, diatoms, macrozoobenthos, molecular markers, eDNA metabarcoding, integrated biomarker response, contaminants.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026  
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026  
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ СОЇ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ПРЕПАРАТІВ БІОЛОГІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ

**ЦИГАНСЬКА О.І.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент,  
провідний науковий співробітник,

[orcid.org/0000-0002-4046-1034](https://orcid.org/0000-0002-4046-1034)

Вінницький національний аграрний університет

**ШЕВЧУК О.В.** – аспірант

[orcid.org/0009-0003-8950-1513](https://orcid.org/0009-0003-8950-1513)

Вінницький національний аграрний університет

**МАШЕНКО В.В.** – аспірант

[orcid.org/0009-0004-6914-5184](https://orcid.org/0009-0004-6914-5184)

Вінницький національний аграрний університет

**Постановка проблеми.** У сучасних реаліях розвитку аграрного сектору в багатьох провідних країнах світу спостерігається чітка тенденція до поступового переходу від інтенсивного застосування хімічних засобів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур до активного впровадження альтернативних біологічних препаратів із різноманітними механізмами дії [1]. Ці засоби сприяють збереженню та відновленню органічної речовини в ґрунті, прискорюють розкладання залишків кореневої та стеблової маси, стимулюють синтез складних органічних сполук, зокрема гумусу. Важливим елементом цих процесів виступають бактерії, які в ході своєї життєдіяльності забезпечують трансформацію атмосферного азоту в органічні азотові сполуки, доступні для поглинання рослинами [2, 3]. Проблема симбіотичної фіксації азоту є однією з головних тем сучасної біології завдяки її значущості як у науково-дослідницькій сфері, так і в практичному використанні. Ця тема має особливу важливість, проте багато її аспектів залишаються недостатньо вивченими. Впровадження біологічних препаратів у системи удобрення сільськогосподарських культур створює можливості для часткової заміни мінерального азоту з добрив на той, що фіксується мікроорганізмами з атмосфери.

Водночас, слід пам'ятати, що застосування біопрепаратів не виключає необхідності оптимального внесення мінеральних добрив. Це пояснюється тим, що нестача макро- та мікроелементів на початкових етапах росту рослин може негативно вплинути на ключові фізіолого-біохімічні процеси, такі як метаболізм і фотосинтез, що у свою чергу гальмує їхній розвиток. Збалансоване живлення рослин із залученням поживних речовин та активної участі мікроорганізмів сприяє реалізації їхнього генетичного потенціалу й забезпечує формування високих стабільних врожаїв. Одним із найефективніших технологічних засобів для збільшення кількості та фізіологічної активності корисних мікроорганізмів у прикореневій зоні є використання мікробних біопрепаратів у складі комплексних систем удобрення [4].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За результатами досліджень проведених в Уманському

національному університеті садівництва встановлено, що обробка насіння сої симбіотичними бактеріями та мікоризою забезпечила суттєве зростання біометричних показників рослин. За цих умов площа листової поверхні підвищилася на 10,6–16,6 %, кількість бобів на рослині була більшою контролю на 23,7–27,8 %, а їх маса відповідно на 16,2–19,4 %. Встановлено, що комплексне використання препаратів Різалайн і Мусофренд було найефективнішим у досліді і сприяло зростанню урожайності на 15,0 % і 15,8 % або 1,7 і 3,1 т/га [5].

Дослідженнями проведеними у Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН встановлено, що використання біопрепаратів, забезпечують зростання рівня урожайності на 0,14–0,60 т/га (6,6–28,2 %). Максимальна у досліді урожайність зерна сої була зафіксована на варіантах, де обробку насіння проводили препаратами ХайКот Супер Соя + Екстендер (2,73 т/га) та ХіСтік Соя (2,52 т/га), при цьому приривок становила 28,2 та 18,3 % [6].

Дослідженнями проведеними у Вінницькому національному аграрному університеті, доведено позитивний вплив біодобрив різного механізму дії на формування показників індивідуальної продуктивності рослин сої. Так, внесення у передпосівну культивуацію біодобрива Граунфікс (5 л/га), а також обробка насіння препаратом Мікофренд (1,5 л/т) на фоні мінерального удобрення  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , та. забезпечили максимальні показники елементів структури врожаю, при цьому: кількість бобів на одній рослині становила 27,2 шт. (на контролі 19,3 шт.), кількість зерен з однієї рослини – 47,2 шт. (37,5 шт. на контролі), маса зерен з рослини – 7,6 г (5,43 г на контролі), а маса 1000 зерен – 160,9 г (145,1 г на контролі) [7].

**Мета.** Метою нашого дослідження було вивчення впливу передпосівної обробки насіння інокулянтном у поєднанні із сучасними біологічними препаратами на основі фосфор-калій мобілізуючих та мікоризуютьовуючих бактерій на формування індивідуальної продуктивності рослин та урожайності зерна сої.

**Матеріали та методика проведення досліджень.** Польові дослідження проводились впродовж





2024 – 2025 років на дослідному полі НДГ «Агрономічне» ВНАУ, розташованому в с. Агрономічне. Територія дослідного поля рівнинна. Ґрунт дослідного поля сірий лісовий. Схема польового дослідження: *Фактор А – Сорт*: 1) Артемід; 2) Монро. *Фактор В – Біологічні препарати* 1) Біоінокулянт-БТУ (3 л/т насіння) (контроль); 2) Біоінокулянт-БТУ (3 л/т насіння) + Мікофренд (1,5 л/т насіння); 3) Біоінокулянт-БТУ (3 л/т насіння) + Граундфікс Екстрим (4 л/га); 4) Біоінокулянт-БТУ (3 л/т насіння) + Мікофренд (1,5 л/т насіння) + Граундфікс Екстрим (4 л/га). Фенологічні спостереження і відповідні обліки проводили згідно із фаховими методиками [8].

**Результати досліджень.** Встановлено, що проведення обробки насіння збільшувало кількість продуктивних вузлів на 11,2–24,2 %. Встановлено, що максимальна кількість бобів 41,9 шт. у сорту Артемід формувалася у варіанті де застосовували комплекс препаратів Біоінокулянт-БТУ + Мікофренд + Граундфікс Екстрим, що перевищувало контроль на 1,6 шт. У сорту Монро найбільша кількість бобів також зафіксована на аналогічному варіанті і становила, відповідно, 39,3 шт., що на 8,5 шт. більше контролю (рис 1.).

Найбільша кількість насінин в одному бобі була зафіксована у сорту Артемід на контролі, і становила 3,4 шт., тоді як найменший показник кількості насінин був у сорту Монро у варіанті де застосовувався комплекс препаратів Біоінокулянт-БТУ+Мікофренд + Граундфікс Екстрим, і становив 3,0 шт.

Максимальна маса зерен з рослини 10,3–11,8 г у сортів Артемід та Монро зафіксована у варіантах де проводили комплексну обробку насіння і вносили біодобриво. Найнижча маса насінин з рослини у даних сортів відмічалась на контролі, і становила відповідно 8,2-9,2 г.

На контрольних варіантах у сорту Монро маса 1000 зерен становила 126,8 г, у сорту Артемід на 2,9 г

менше. На варіантах дослідження із проведенням обробки насіння препаратами Біоінокулянт-БТУ і Мікофренд та внесення ґрунтового біодобрива Граундфікс Екстрим на варіантах із сортом Монро маса 1000 зерен становила 132,4 г, а із сортом Артемід 129,2 г, це найвищі показники по всіх варіантах дослідження. Відповідно і рівень урожайності зерна зростає із збільшенням показників індивідуальної продуктивності рослин.

За період досліджень сорти сої забезпечували врожайність зерна у межах 3,26–4,03 т/га, у розрізі варіантів дослідження. Використання досліджуваних препаратів позитивно вплинуло на формування врожайності культури. Встановлено, що використання комплексу біодобрив Біоінокулянт-БТУ у поєднанні з Граундфікс Екстрим забезпечувало додатковий приріст врожайності на рівні 9,0–10,1 %, залежно від досліджуваного сорту.

Суттєве підвищення врожайності зафіксовано при використанні препарату Мікофренд. У досліджуваних варіантах, де застосовували комплекс біодобрив Біоінокулянт-БТУ разом із Мікофрендом, було зафіксовано приріст урожайності на рівні 6,5–7,5 %. Найвищий показник врожайності зафіксований у сорту Монро на варіанті, де комплексно застосовували препарати Біоінокулянт-БТУ, Мікофренд та Граундфікс Екстрим, за цих умов врожайність становила 4,03 т/га. Загалом комбінація вищенаведених препаратів забезпечила підвищення рівня урожайності у межах 17,8–18,2 %.

**Висновки.** За результатами аналізу структури врожайності сої у середньому за 2024-2025 роки було виявлено позитивний ефект від поєднання препаратів Біоінокулянт-БТУ, Мікофренд разом із внесенням ґрунтового біодобрива Граундфікс, при цьому зафіксовано максимальну кількість бобів на рослину: 41,9 шт./рослину у сорту Артемід і 39,3 шт./рослину у сорту Монро. Також було відзначено найбільшу масу насіння з однієї

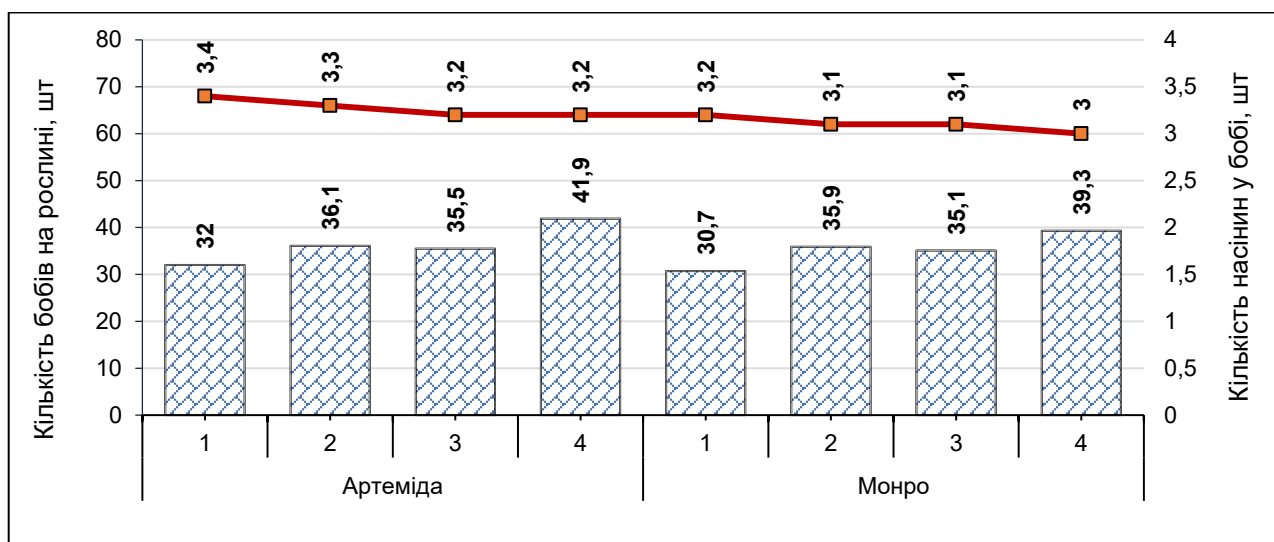


**Рис. 1. Динаміка кількості бобів на рослині та насінин у бобі залежно від оптимізації системи удобрення, шт., у середньому за 2024–2025 рр.**

**Примітка:** 1. Біоінокулянт-БТУ (3 л/т насіння) (контроль); 2. Біоінокулянт-БТУ (3 л/т насіння) + Мікофренд (1,5 л/т насіння); 3. Біоінокулянт-БТУ (3 л/т насіння) + Граундфікс Екстрим (4 л/га); 4. Біоінокулянт-БТУ (3 л/т насіння) + Мікофренд (1,5 л/т насіння) + Граундфікс Екстрим (4 л/га).

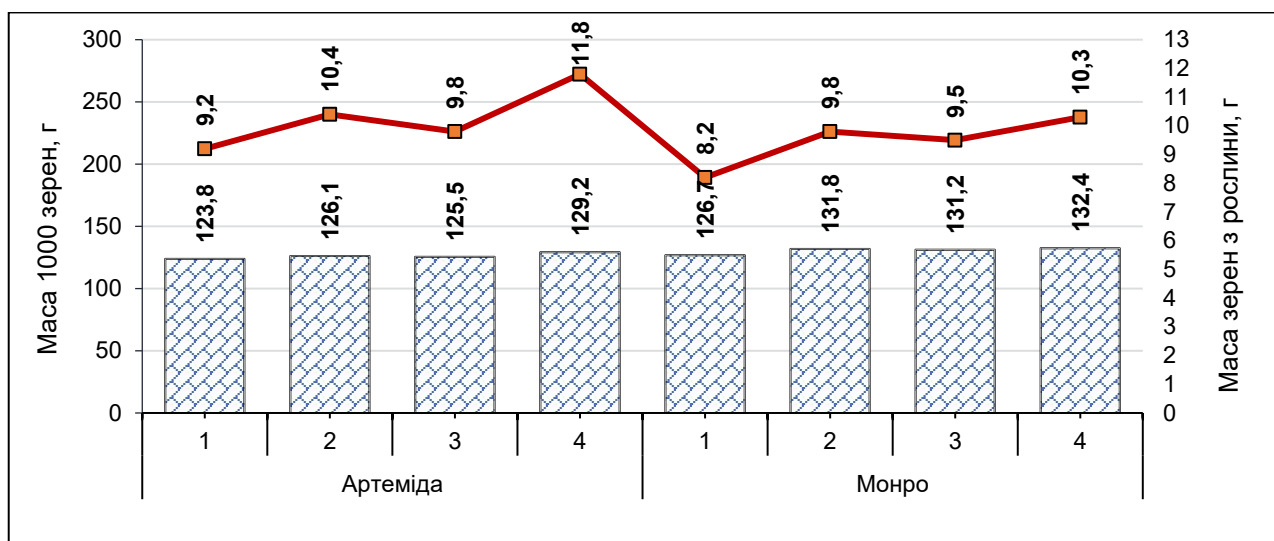


Рис. 2. Вплив досліджуваних факторів на формування маси зерен з рослини і маси 1000 зерен, г, у середньому за 2024 – 2025 рр.

**Примітка:** 1. Біоінокулянт-БТУ (3 л/т насіння) (контроль); 2. Біоінокулянт-БТУ (3 л/т насіння) + Мікофренд (1,5 л/т насіння); 3. Біоінокулянт-БТУ (3 л/т насіння) + Граундфікс Екстрим (4 л/га); 4. Біоінокулянт-БТУ (3 л/т насіння) + Мікофренд (1,5 л/т насіння) + Граундфікс Екстрим (4 л/га).

Таблиця 1

Урожайність сої залежно від сорту та біопрепаратів, т/га, у середньому за 2024–2025 рр.

| Сорт     | Обробка насіння                                  | Урожай-ність, т/га | Приріст |      |
|----------|--------------------------------------------------|--------------------|---------|------|
|          |                                                  |                    | т/га    | %    |
| Артеміда | Біоінокулянт-БТУ(контроль)                       | 3,26               | -       | -    |
|          | Біоінокулянт-БТУ + Мікофренд                     | 3,52               | 0,26    | 7,5  |
|          | Біоінокулянт-БТУ + Граундфікс Екстрим            | 3,60               | 0,34    | 10,1 |
|          | Біоінокулянт-БТУ + Мікофренд+ Граундфікс Екстрим | 3,86               | 0,60    | 17,8 |
| Монро    | Біоінокулянт-БТУ(контроль)                       | 3,41               | -       | -    |
|          | Біоінокулянт-БТУ + Мікофренд                     | 3,63               | 0,23    | 6,5  |
|          | Біоінокулянт-БТУ + Граундфікс Екстрим            | 3,72               | 0,32    | 9,0  |
|          | Біоінокулянт-БТУ + Мікофренд+ Граундфікс Екстрим | 4,03               | 0,63    | 18,2 |

*НІР<sub>0,05</sub> т/га (2024–2025 рр.)* А– 0,12–0,15; В– 0,14–0,18; АВ–0,18–0,23.

рослини, яка становила 10,3–11,8 г. Комплексне застосування препаратів Біоінокулянт-БТУ (3 л/т насіння), Мікофренд (1,5 л/т насіння) та Граундфікс Екстрим (4 л/га під час передпосівної культивування) дало змогу досягти найвищої врожайності зерна: 4,03 т/га для сорту Монро та 3,86 т/га для сорту Артеміда. При цьому приріст врожайності порівняно з контролем склав 17,8–18,2 %.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Дідур І.М., Ткачук О.П., Циганський В.І., Циганська О.І., Агробіологічне обґрунтування біологізованих систем живлення сої та гороху: монографія. Вінниця: ТВОРИ, 2025. 468 с.
- Шовкова О.В., Шевніков М.Я., Міленко О.Г. Особливості формування насінневої продуктивності рослинами сої залежно від елементів технології вирощування. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2020. № 2 (84). С. 167-175. DOI: <https://doi.org/10.31548/dopovid2020.02.015>
- Крижанівський М.В., Бахмат О.М. Продуктивність сої залежно від застосування органічних добрив, інокуляції насіння та регуляторів росту рослин. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2022. № 37. С. 26-31. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2022-2-4>.
- Бородай В.В., Косовська Н.А., Парфенюк А.І., Тертична О.В. Вплив біопрепаратів Фітохелп і Мікохелп на мікробіоту ґрунту за вирощування сої (*glycine max (L.) merr.*). *Агроекологічний журнал*. 2022. № 1. С. 99-109. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.255183>
- Яценко В.В. Формування продуктивності сої овочевої за використання біоінокулянтів та



мікоризоутворюючого препарату. Таврійський науковий вісник. 2022. № 125. С. 111-118. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.125.16>

6. Кобак С. Я. Якісна інокуляція – перший крок до високого врожаю. *Агрономія сьогодні*. 2016. № 1-2. С. 53–55.
7. Дідур І.М., Циганський В.І. Вплив мікоризації насіння та ґрунтового біодобрива на формування індивідуальної продуктивності рослин сої. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 31. С. 5-15. DOI:10.37128/2707-5826-2023-4-1
8. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник /За ред. В.О. Єщенка. К.: Дія. 2005. 288 с.

#### REFERENCES:

1. Didur I. M., Tkachuk O. P., Tsyhanskyi V. I., Tsyhanska O. I. (2025), *Ahrobiolohichne obgruntuvannia biolohizovanykh system zhyvlennia soi ta horokhu [Agro-biological justification of biologized soybean and pea nutrition systems]*: monohrafiia. Vinnytsia: TVORY. 468 s [in Ukrainian].
2. Shovkova O.V., Shevnikov M.Ya., Milenko O.H. (2020) *Osoblyvosti formuvannia nasinnievoi produktyvnosti roslynami soi zalezno vid elementiv tekhnologii vyroshchuvannia [Peculiarities of the formation of seed productivity by soybean plants depending on the elements of cultivation technology]*. Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy. № 2 (84). S. 167-175. DOI: <https://doi.org/10.31548/dopovidi2020.02.015>. [in Ukrainian].
3. Kryzhanivskyi M.V., Bakhmat O.M. (2022) *Produktyvnist soi zalezno vid zastosuvannia orhanichnykh dobryv, inokulatsii nasinnia ta rehulatoriv rostu roslyn [Soybean productivity depending on the application of organic fertilizers, seed inoculation and plant growth regulators]*. Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika. № 37. S. 26-31. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2022-2-4>. [in Ukrainian].
4. Borodai V.V., Kosovska N.A., Parfeniuk A.I., Tertychna O.V. (2022) *Vplyv biopreparativ Fitokhelp i Mikokhelp na mikrobiotu ґрунту za vyroshchuvannia soi (glycine max (L.) merr.) [The effect of Phytohelp and Mycohelp biological preparations on the soil microbiota during the cultivation of soybeans (glycine max (L.) merr.)]*. Ahroekolohichnyi zhurnal. № 1. S. 99-109. [in Ukrainian].
5. Yatsenko V.V. (2022) *Formuvannia produktyvnosti soi ovochevoi za vykorystannia bioinokuliantiv ta mikoryzoutvoriuiuchoho preparatu [Formation of the productivity of vegetable soybeans using bioinoculants and a mycorrhizal preparation]*. Tavriyskyi naukovyi visnyk. № 125. S. 111-118. [in Ukrainian].
6. Kobak S. Ya. (2016) *Yakisna inokulatsiia – pershyi krok do vysokoho vrozhaui [High-quality inoculation is the first step to a high yield]*. *Ahronomiia sohodni*. № 1–2. S. 53–55. (In Ukraine)
7. Didur I.M., Tsyhanskyi V.I. (2023) *Vplyv mikoryzatsii nasinnia ta hruntovoho biodobryva na formuvannia indyvidualnoi produktyvnosti roslyn soi [The influence of seed mycorrhization and soil biofertilizer on the formation of individual productivity of soybean plants]*.

*Silke hospodarstvo ta lisivnytstvo*. № 31. S. 5-15. DOI:10.37128/2707-5826-2023-4-1. [in Ukrainian].

8. Yeshchenko V.O., Kopytko P.H., Opryshko V.P., Kostohryz P.V. (2005) *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Fundamentals of scientific research in agronomy]*: pidruchnyk /За ред. V.O. Yeshchenka. K.: Diia. 288 s. [in Ukrainian].

#### Циганська О.І., Шевчук О.В., Машенко В.В. Оптимізація системи удобрення сої на основі використання препаратів біологічного походження

**Мета.** Метою нашого дослідження було вивчення впливу передпосівної обробки насіння інокулянтном у поєднанні із сучасними біологічними препаратами на основі фосфор-калій мобілізуючих та мікоризоутворюючих бактерій на формування індивідуальної продуктивності рослин та урожайності зерна сої.

**Методи.** Польові дослідження проводилися впродовж 2024–2025 років на дослідному полі НДГ «Агрономічне» ВНАУ с. Агрономічне. Технологія обробки ґрунту була традиційною для Лісостепової зони України, площа облікової дослідної ділянки складала 40 м<sup>2</sup>, загальної площі – 25 м<sup>2</sup>. Факторіальна схема експерименту включала комбінацію 2:4, що становило 8 варіантів випробувань (загальна кількість ділянок у чотирьох повтореннях – 32). Варіанти розміщувалися систематично, з чотириразовим повторенням кожного.

**Результати.** За результатами проведених польових досліджень виявлено, що на сірих лісових ґрунтах Лісостепу правобережного біологічні препарати, які були об'єктом досліджень суттєво впливали на ріст і розвиток рослин сої та формування їх зернової продуктивності. Дослідження підтвердили позитивну дію комбінативного використання інокулянта, мікоризи та ґрунтового біодобрива, що сприяло покращенню індивідуальної продуктивності культури, при цьому у сортів Артеміда та Монро кількість бобів на рослину становила відповідно 41,9 і 39,3 шт, а маса насіння з однієї рослини становила 10,3–11,8 г.

На контролі у сорту Монро маса 1000 зерен становила 126,7 г, тоді як у сорту Артеміда – 123,8 г. Комбінативна обробка насіння композицією Біоінокулянт-БТУ + Мікофренд на фоні ґрунтового біодобрива Граундфікс Екстрим забезпечили зростання цих показників до 132,4 та 129,2 г відповідно. Комплексне застосування препаратів Біоінокулянт-БТУ (3 л/т насіння), Мікофренд (1,5 л/т насіння) та Граундфікс Екстрим (4 л/га під час передпосівної культивування) забезпечило формування найвищої урожайності у досліді 4,03 т/га для сорту Монро та 3,86 т/га для сорту Артеміда, що перевищувало контроль, відповідно, на 17,8–18,2 %.

**Висновки.** Встановлено позитивний ефект від поєднання препаратів Біоінокулянт-БТУ, Мікофренд разом із внесенням ґрунтового біодобрива Граундфікс, при цьому зафіксовано максимальну кількість бобів на рослину: 41,9 шт./рослину у сорту Артеміда і 39,3 шт./рослину у сорту Монро. Також було відзначено найбільшу масу насіння з однієї рослини, яка становила 10,3–11,8 г. Комплексне застосування препаратів Біоінокулянт-БТУ (3 л/т насіння), Мікофренд (1,5 л/т насіння) та Граундфікс Екстрим (4 л/га під час передпосівної культивування) дало змогу досягти найвищої врожайності зерна: 4,03 т/га для сорту Монро та 3,86 т/га для сорту Артеміда.

**Ключові слова:** соя, інокуляція, мікоризоутворюючий препарат, біодобриво, продуктивність, урожайність.

**Tsyhanska O.I., Shevchuk O.V., Mashenko V.V.**  
**Optimization of the soybean fertilization system based on the use of preparations of biological origin.**

**Objective.** The aim of our study was to study the effect of pre-sowing seed treatment with an inoculant in combination with modern biological preparations based on phosphorus-potassium mobilizing and mycorrhizal bacteria on the formation of individual plant productivity and soybean grain yield.

**Methods.** Field research was conducted during 2024–2025 on the experimental field of the Research and Development Group "Agronomichne" of the Ukrainian National Academy of Agricultural Sciences in the village of Agronomichne. The tillage technology was traditional for the Forest-Steppe zone of Ukraine, the area of the registered experimental plot was 40 m<sup>2</sup>, the total area was 25 m<sup>2</sup>. The factorial design of the experiment included a 2:4 combination, which amounted to 8 test variants (the total number of plots in four repetitions was 32). The variants were placed systematically, with four repetitions of each.

**Results.** According to the results of field research, it was found that on gray forest soils of the Right-Bank Forest-Steppe, biological preparations that were the object of research significantly affected the growth and development of soybean plants and the formation of their grain productivity. Studies have confirmed the positive effect of the combined use of inoculant, mycorrhiza and soil biofertilizer, which contributed to the improvement of individual crop productivity, while in the Artemis and

Monroe varieties the number of beans per plant was 41.9 and 39.3 pcs, respectively, and the mass of seeds from one plant was 10.3–11.8 g. In the control (Monroe variety), the mass of 1000 grains was 126.7 g, while in the Artemis variety – 123.8 g. Combinatorial treatment of seeds with the composition Bioinoculant-BTU + Mycofriend on the background of the soil biofertilizer Groundfix Extreme ensured an increase in these indicators to 132.4 and 129.2 g, respectively. The complex use of the preparations Bioinoculant-BTU (3 l/t of seeds), Mycofriend (1.5 l/t of seeds) and Groundfix Extreme (4 l/ha during pre-sowing cultivation) ensured the formation of the highest yield in the experiment of 4.03 t/ha for the Monroe variety and 3.86 t/ha for the Artemis variety, which exceeded the control by 17.8–18.2 %, respectively.

**Conclusions.** A positive effect was established from the combination of the preparations Bioinoculant-BTU, Mycofriend together with the application of the soil biofertilizer Groundfix, while the maximum number of beans per plant was recorded: 41.9 pcs./plant in the Artemida variety and 39.3 pcs./plant in the Monroe variety. The largest seed mass from one plant was also noted, which was 10.3–11.8 g. The complex use of the preparations Bioinoculant-BTU (3 l/t of seeds), Mycofriend (1.5 l/t of seeds) and Groundfix Extreme (4 l/ha during pre-sowing cultivation) made it possible to achieve the highest grain yield: 4.03 t/ha for the Monroe variety and 3.86 t/ha for the Artemis variety.

**Key words:** soybean, inoculation, mycorrhizal preparation, biofertilizer, productivity, yield.

Дата першого надходження статті до видання: 28.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА МОДЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ ЗА БІОЛОГІЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ

**ЦИГАНСЬКИЙ В.І.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

*orcid.org/0000-0001-5157-9807*

Вінницький національний аграрний університет

**ТЕЛЕВАТЮК Б.І.** – доктор філософії (PhD) з агрономії

*orcid.org/0000-0001-8393-800X*

Вінницький національний аграрний університет

**БАНДРОВСЬКИЙ Д.В.** – аспірант

*orcid.org/0009-0005-9602-7738*

Вінницький національний аграрний університет

**МИХАЙЛЮК О.С.** – аспірант

*orcid.org/0009-0000-5350-1261*

Вінницький національний аграрний університет

**Постановка проблеми.** Вирішення проблематики підвищення врожайності кукурудзи та збільшення її валових зборів є пріоритетним завданням агропромислового комплексу. Кінцевою метою даного завдання є забезпечення високої і стабільної економічної ефективності виробничих процесів. Інтенсифікація процесу вирощування кукурудзи вимагає постійного удосконалення різних елементів технології, що обумовлює необхідність додаткових витрат матеріальних ресурсів, підвищення ефективності використання виробничих засобів та оптимізації умов праці. На сьогоднішній день оцінка економічної ефективності агротехнічних заходів та моделей технології в цілому є ключовою складовою ведення аграрного бізнесу.

Умови воєнного часу створили додаткові виклики для агросектору, одним із найбільшійших стало погіршення забезпечення підприємств матеріально-технічними ресурсами. Висока вартість добрив та енергоресурсів, нестабільність економічного середовища змусили переглянути підходи до традиційних технологій. Це стало причиною зменшення норм застосування мінеральних добрив і засобів захисту рослин, що в свою чергу негативно впливає на врожайність сільськогосподарських культур, включаючи кукурудзу.

Одним із перспективних шляхів вирішення цих проблем є впровадження інноваційних технологій вирощування. Вони повинні ґрунтуватися на максимальному використанні ресурсного потенціалу нових високопродуктивних сортів і гібридів, застосування біологічних препаратів та збалансовані системи удобрення. У цьому контексті все більше уваги приділяється скороченню норм дороговартісних мінеральних добрив, з одночасним використанням доступніших біопрепаратів для компенсації втрат і збереження високої врожайності. Реалізація таких підходів сприятиме забезпеченню конкурентоспроможності й стійкому розвитку агропромислового комплексу.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Кукурудза є однією з провідних культур, які вирощуються в Україні. Належна організація обліку, контролю та аналітики економічної ефективності вирощування є критично важливою не лише для забезпечення високих фінансових результатів аграрних компаній, але й для ухвалення стратегічних виробничих рішень [1, 2].

Встановлено, що на рентабельність вирощування кукурудзи суттєвий вплив мають кліматичні умови. Згідно з дослідженнями, рівень прибутковості вирощування кукурудзи в зоні Північного Степу (ГТК V-IX = 0,69–0,89) залежав від погодних умов у різні роки. Максимальну рентабельність отримано у 2021 році (130–172 %), а найнижчу в 2022 році. У посушливі сезони вирощування гібридів із ФАО 380–420, особливо при пізніх строках сівби в травні, виявилось ризикованим через можливі значні збитки (наприклад, втрати – 1,19 тис. грн/га для гібрида "Гілея"). В той час використання адаптованих до місцевих агроекологічних умов гібридів сприяють стабільному отриманню чистого прибутку в діапазоні 31,45–32,59 тис. грн/га у сприятливі роки та 17,01–24,58 тис. грн/га у посушливі періоди [2].

Не дивлячись на економічні та кліматичні ризики, кукурудза залишається однією з найприбутковіших сільськогосподарських культур. Окрім погодних умов, економічна ефективність виробництва значною мірою визначається рівнем інтенсивності застосовуваних технологій і реакцією рослин на конкретні агротехнічні прийоми. Дослідження показали, що використання інтенсивної технології вирощування забезпечує додатковий дохід: за собівартості виробництва 3584,7 грн/т можна отримати прибуток у 4915,3 грн/т за умови ціни реалізації зерна на рівні 8500 грн/т і витрат за цінами 2024 року. Екстенсивна технологія дає аналогічний результат: при собівартості 4108,7 грн/т забезпечується прибуток у 4391,3 грн/т. Рентабельність продукції становила відповідно 137,12 % для інтенсивної технології та 106,88 %



для екстенсивної; рентабельність продажу – 57,82 % та 51,66 % [3].

Аналіз витрат на вирощування гібридів кукурудзи виявив, що найефективнішим фактором її оптимізації є оптимальна густота рослин. Завдяки збільшенню врожаю та зниженню технологічних витрат загальний чистий прибуток може сягати від 90,08 до 117,63 тис. грн/га. При цьому собівартість зернової продукції значною мірою залежала від генотипу гібрида й густоти рослин. Максимальні витрати (1,72 тис. грн/т) спостерігалися при вирощуванні гібрида "Зедан 26" із густотою 70 тис. рослин/га, тоді як мінімальне значення (1,29 тис. грн/т) було зафіксовано для гібрида "Зедан 32" при густоті 80 тис. рослин/га. Найвищий умовно чистий прибуток – 41,26 тис. грн/га – отримано саме від гібрида "Зедан 32" при такій самій густоті – 80 тис. рослин/га [4].

Також, досліджено економічну ефективність ресурсозберігаючих, інтенсивних та високоінтенсивних технологій вирощування кукурудзи в умовах Лісостепу. Вони забезпечують стабільну врожайність ранньостиглих гібридів на рівні: для ресурсозберігаючих – 6,16–7,08 т/га з прибутком 19,03–22,07 тис. грн/га та рентабельністю виробництва 128–166 %; 108–121 і 104 %. Дослідження експериментально підтвердило, що вирощування ранньостиглого гібриду кукурудзи за умов застосування мінеральних добрив у дозах, які перевищують  $N_{180}P_{120}K_{180}$ , є економічно недоцільним. Це обумовлено зростанням собівартості продукції, скороченням прибутковості та значним зниженням рентабельності, незважаючи на отримання врожайності понад 10 т/га зерна [5].

**Мета.** Метою нашого дослідження було визначення економічної доцільності вирощування гібридів кукурудзи різної групи стиглості за умови спільного застосування мінеральних і біологічних добрив, а також оптимізації

густоти рослин в умовах Лісостепу Правобережного.

**Матеріали та методика досліджень.** Польові дослідження проводилися протягом 2021–2023 років на дослідному полі НДГ «Агрономічне» ВНАУ, розташованому в с. Агрономічне. Ґрунт дослідної ділянки представлений сірим лісовим середньо-суглинковим типом, з щільністю орного горизонту, що варіює в межах 1,35–1,40 г/см<sup>3</sup>, та глибиною 25–30 см. Площа облікової дослідної ділянки складала 46 м<sup>2</sup>, загальної площі – 62 м<sup>2</sup>. Варіанти розміщувалися систематично, з чотириразовим повторенням кожного.

**Схема польового досліді:** Фактор А – Гібриди:

1) Р8834 (ФАО 280); 2) Р9074 (ФАО 330). В – Густина рослин: 1) 65 тис/га; 2) 70 тис/га. С – Удобрєння:

1)  $N_{120}P_{60}K_{60}$ ; 2)  $N_{120}P_{60}K_{60}$  + Граундфікс 4 л/га; 3)  $N_{120}P_{60}K_{60}$  + Граундфікс 6 л/га; 4)  $N_{80}P_{40}K_{40}$  + Граундфікс 4 л/га; 5)  $N_{80}P_{40}K_{40}$  + Граундфікс 6 л/га.

Спостереження за посівами та проведення відповідних обліків проводили у відповідності до спеціалізованих методик [6,7].

**Результати досліджень.** Для оцінки економічної ефективності аналізованих гібридів були застосовані наступні показники: урожайність зерна, вартість загальної продукції, виробничі витрати, чистий дохід з одного гектара та рівень рентабельності.

Встановлено, за роки досліджень загальні витрати на вирощування гібридів варіювали від 25735 до 30349 грн/га для Р8834 та від 26549 до 31246 грн/га для Р9074 залежно від інтенсивності моделі технології. Результати показали, що всі досліджувані фактори впливали на зміну виробничих витрат. Зокрема, аналіз рівня удобрення вказує, що при густоті посіву 65 тис./га у контрольному варіанті ( $N_{120}P_{60}K_{60}$ ) витрати становили 28698 грн/га для Р8834 та 29512 грн/га для

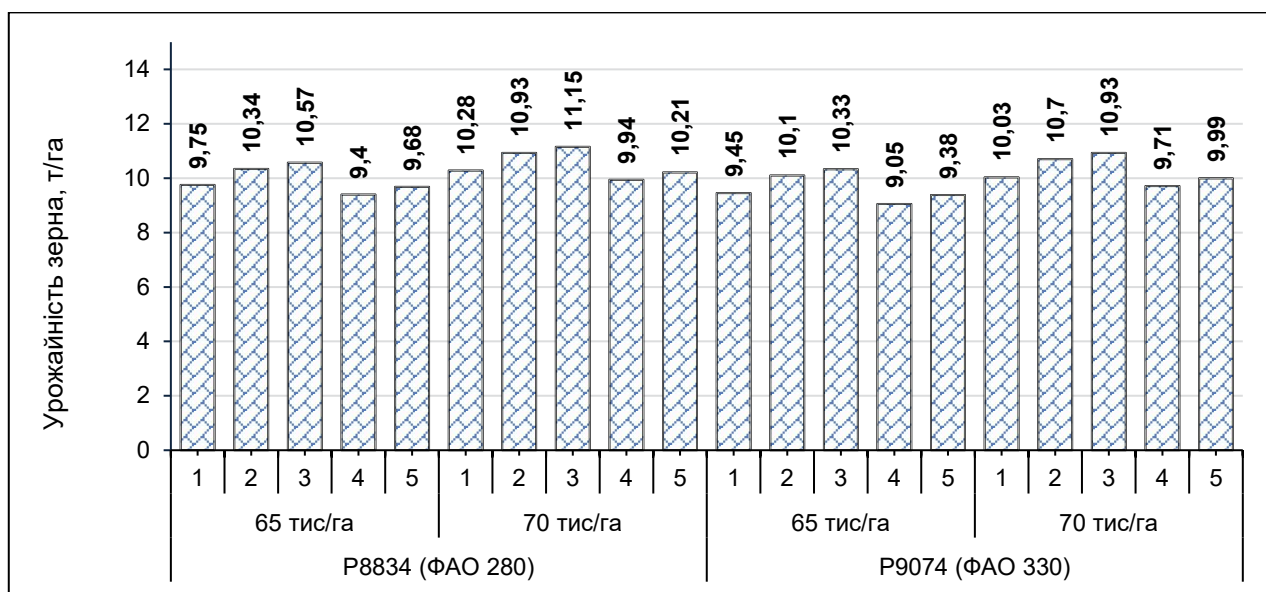


Рис. 1. Урожайність зерна гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та норм добрив, т/га (у середньому за 2021–2023 рр.)

**Примітка:**\* 1)  $N_{120}P_{60}K_{60}$ ; 2)  $N_{120}P_{60}K_{60}$  + Groundfix 4 л/га; 3)  $N_{120}P_{60}K_{60}$  + Groundfix 6 л/га; 4)  $N_{80}P_{40}K_{40}$  + Groundfix 4 л/га; 5)  $N_{80}P_{40}K_{40}$  + Groundfix 6 л/га.

P9074. У варіантах із додатковим внесенням мінеральних добрив ( $N_{120}P_{60}K_{60}$ ) разом із біодобривом Граундфікс у дозах 4 л/га та 6 л/га витрати зросли відповідно до 29640 грн/га та 30023 грн/га (P8834), а також до 30456 грн/га та 30837 грн/га (P9074). У варіантах зниження норми мінеральних добрив (до  $N_{80}P_{40}K_{40}$ ) та використання ґрунтового біодобрива Граундфікс у тих же дозах витрати зменшилися. Вони складали відповідно 25735 грн/га та 26119 грн/га (P8834), а також 26549 грн/га та 26932 грн/га (P9074).

Дослідження показали аналогічну тенденцію розподілу виробничих витрат на варіантах з густотою рослин 70 тис./га. Максимальні витрати, що становили 30349 грн/га (гібрид P8834) і 31246 грн/га (гібрид P9074), були зафіксовані на варіантах із повною нормою мінерального удобрення  $N_{120}P_{60}K_{60}$  і внесенням біологічного добрива Граундфікс у нормі 6 л/га перед посівною культивуацією. Результати розрахунків свідчать про те, що вартість вирощеної продукції на контрольних варіантах з удобренням  $N_{120}P_{60}K_{60}$  в середньому за роки досліджень становила 58480 грн/га (гібрид P8834) при густоті 65 тис./га та 61660 грн/га при густоті 70 тис./га. Додаткове внесення біологічного добрива в нормах 4 л/га і 6 л/га підвищувало вартість продукції до 62020 грн/га і 63400 грн/га відповідно на варіантах з густотою 65 тис./га. На варіантах із густотою 70 тис./га

вартість продукції зросла до 65560 грн/га і 66920 грн/га, що були максимальними показниками за весь період досліджень. Водночас, зниження норми мінеральних добрив до  $N_{80}P_{40}K_{40}$  призводило до зниження вартості вирощеної продукції. На варіантах із густотою 65 тис./га вона коливалася в межах 25735 – 26119 грн/га, тоді як на ділянках із густотою 70 тис./га цей показник становив 26063 – 26445 грн/га залежно від норми внесення Граундфіксу (табл. 1).

На варіантах із гібридом P9074 було зафіксовано аналогічну тенденцію у формуванні вартості вирощеної продукції. Зокрема, максимальне значення цього показника – 65560 грн/га спостерігалось на ділянках із густотою 70 тис. рослин/га за умови внесення біодобрива Граундфікс у кількості 6 л/га на фоні мінерального удобрення  $N_{120}P_{60}K_{60}$ , що на 7840 грн/га більше порівняно з контрольним варіантом. Із збільшенням виробничих витрат та загальної вартості продукції відбулося зниження собівартості 1 тонни зерна кукурудзи. Найнижчу собівартість було досягнуто у гібридів P8834 (2591 грн/т) та P9074 (2737 грн/т) за використання мінерального удобрення в нормі  $N_{80}P_{40}K_{40}$  у поєднанні з внесенням ґрунтового біодобрива Граундфікс (6 л/га) під час передпосівної культивуації.

Додатково встановлено, що на варіантах із гібридом P8834 використання біодобрива Граундфікс у нормі

Таблиця 1

**Економічна ефективність вирощування гібридів кукурудзи залежно від густоти рослин та рівня удобрення, (у середньому за 2021 – 2023 рр.)**

| Густота рослин, тис./га | Удобрення | Виробничі витрати, грн/га. | Вартість вирощеної продукції, грн. | Умовно чистий прибуток, грн. | Собівартість 1 т насіння, грн. | Рівень рентабельності, % |
|-------------------------|-----------|----------------------------|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| <i>P8834 (ФАО 280)</i>  |           |                            |                                    |                              |                                |                          |
| 65                      | 1         | 28698                      | 58480                              | 29782                        | 2944                           | 104                      |
|                         | 2         | 29640                      | 62020                              | 32380                        | 2867                           | 109                      |
|                         | 3         | 30023                      | 63400                              | 33377                        | 2841                           | 111                      |
|                         | 4         | 25735                      | 56380                              | 30645                        | 2739                           | 119                      |
|                         | 5         | 26119                      | 58100                              | 31981                        | 2697                           | 122                      |
| 70                      | 1         | 29024                      | 61660                              | 32636                        | 2824                           | 112                      |
|                         | 2         | 29967                      | 65560                              | 35593                        | 2743                           | 119                      |
|                         | 3         | 30349                      | 66920                              | 36571                        | 2721                           | 121                      |
|                         | 4         | 26063                      | 59660                              | 33597                        | 2621                           | 129                      |
|                         | 5         | 26445                      | 61240                              | 34795                        | 2591                           | 132                      |
| <i>P9074 (ФАО 330)</i>  |           |                            |                                    |                              |                                |                          |
| 65                      | 1         | 29512                      | 56720                              | 27208                        | 3122                           | 92                       |
|                         | 2         | 30456                      | 60600                              | 30144                        | 3015                           | 99                       |
|                         | 3         | 30837                      | 61960                              | 31123                        | 2986                           | 101                      |
|                         | 4         | 26549                      | 54320                              | 27771                        | 2933                           | 105                      |
|                         | 5         | 26932                      | 56260                              | 29328                        | 2872                           | 109                      |
| 70                      | 1         | 29921                      | 60160                              | 30239                        | 2984                           | 101                      |
|                         | 2         | 30864                      | 64200                              | 33336                        | 2884                           | 108                      |
|                         | 3         | 31246                      | 65560                              | 34314                        | 2860                           | 110                      |
|                         | 4         | 26960                      | 58240                              | 31280                        | 2777                           | 116                      |
|                         | 5         | 27342                      | 59940                              | 32598                        | 2737                           | 119                      |

**Примітка:** \*1-  $N_{120}P_{60}K_{60}$  (st); 2-  $N_{120}P_{60}K_{60}$  + Граундфікс 4 л/га; 3-  $N_{120}P_{60}K_{60}$  + Граундфікс 6 л/га; 4-  $N_{80}P_{40}K_{40}$  + Граундфікс 4 л/га; 5-  $N_{80}P_{40}K_{40}$  + Граундфікс 6 л/га.

4 л/га на фоні  $N_{120}P_{60}K_{60}$  забезпечило рівень рентабельності 109 % за густоти 65 тис. рослин/га і 119 % за густоти 70 тис. рослин/га. Внесення тієї ж речовини у кількості 6 л/га збільшувало показники рентабельності до 111 % і 121 % відповідно, що на 7–9 % перевищує результати варіантів з виключно мінеральними добривами.

На аналогічних варіантах із гібридом Р9074 було отримано показники рентабельності від 99 % до 117,4 % (за норми внесення 4 л/га) та від 101 % до 110 % (за норми внесення 6 л/га), що на 9 % перевершує контрольний варіант. Важливим аспектом який необхідно зазначити є те, що зменшення норми мінеральних добрив до  $N_{80}P_{40}K_{40}$  і внесення Граундфіксу (4 і 6 л/га) дозволило досягти більш високого рівня рентабельності виробництва порівняно з використанням повної норми мінерального удобрення  $N_{120}P_{60}K_{60}$ . Наприклад, для гібрида Р8834 найкращими за економічними показниками виявилися варіанти, висіяні з густотою 70 тис. рослин/га, при удобренні за схемою  $N_{80}P_{40}K_{40}$  та внесенні Граундфіксу (4 і 6 л/га). Рівень рентабельності у цих випадках сягнув 129 % і 132 % відповідно. Для гібрида Р9074 у подібних умовах ці показники становили 116 % і 119 %.

**Висновки.** Детальний економічний аналіз результатів польових досліджень підтвердив попередні висновки щодо оптимальної густоти посіву та позитивного впливу біологізації системи удобрення кукурудзи. Найбільш економічно вигідною виявилася технологія вирощування, яка передбачає густоту посіву 70 тис./га, внесення мінеральних добрив у дозуванні  $N_{80}P_{40}K_{40}$ , а також використання ґрунтового біодобрива Граундфікс у нормі 6 л/га під час передпосівної культивування. Такий підхід забезпечує максимальний рівень рентабельності, який становить 132 % для гібрида Р8834 та 119 % для гібрида Р9074.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Нерей М. В., Тараненко А. А., Костенко І. С. Аграрний сектор України в умовах війни: проблеми та перспективи. *Економіка та суспільство*. 2022. № 40. С. 10–19. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-40-38>
2. Надь Я. Кукурудза : монографія. Вінниця : ФОП Корзун Д.Ю., 2012. 580 с.
3. Марченко Т. Ю., Пілярська О. О., Міщенко С. В., Базиленко Є. О., Марченко В. Д., Лавриненко Ю. О. Економічна оцінка вирощування гібридів кукурудзи різних груп ФАО в умовах північного степу України. *Таврійський науковий вісник*. № 138. 2024. С115-124. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.14>
4. Ящук Т. С., Солян М. Я., Довгань О. М. Економічна ефективність технологій вирощування кукурудзи в умовах західного лісостепу України. *Інноваційна економіка*. № 1. 2025. С. 227-238. DOI: <https://doi.org/10.37332/2309-1533.2025.1.26>
5. Скакун В. М., Марченко Т. Ю., Завальнюк О. І. Економічна оцінка вирощування ліній батьківських компонентів та гібридів кукурудзи різних груп ФАО в умовах центрального Лісостепу. *Аграрні інновації*. № 19. 2023. С. 100-105 DOI <https://doi.org/10.32848/agar.innov.2023.19.16>
6. Камінський В. Ф., Асанішвілі Н. М. Економічна ефективність технологій вирощування кукурудзи різного рівня інтенсивності. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Вип. 3. 2020. С. 27-34. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-3(107)-4
7. Методика державного сорто випробування сільськогосподарських культур. Методи визначення показників якості рослинницької продукції. Київ. 2000. Вип. 7. 144 с.
8. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії. За ред. В. О. Єщенка. Умань: Дія. 2005. 288 с.

#### REFERENCES:

1. Nehrei M. V., Taranenko A. A., Kostenko I. S. (2022) Ahrarnyi sektor Ukrainy v umovakh viiny: problemy ta perspektvy [Ukraine's agricultural sector in wartime: problems and prospects]. *Ekonomika ta suspilstvo*. № 40. S. 10–19. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-40-38> [in Ukrainian].
2. Nad, Ya. (2012), Kukurudza [Maize], monograph, FOP Korzun D. Yu., Vinnytsya, Ukraine, 580 p. [in Ukrainian].
3. Marchenko T. Yu., Piliarska O. O., Mishchenko S. V., Bazylenko Ye. O., Marchenko V. D., Lavrynenko Yu. O. (2024) Ekonomichna otsinka vyroshchuvannya hibrydiv kukurudzy riznykh hrup FAO v umovakh pivnichnoho stepu Ukrainy [Economic assessment of growing corn hybrids of different FAO groups in the conditions of the northern steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. № 138. S115-124. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.138.14> [in Ukrainian].
4. Yashchuk T. S., Solian M. Ya., Dovhan O. M. (2025) Ekonomichna efektyvnist tekhnologii vyroshchuvannya kukurudzy v umovakh zakhidnoho lisostepu Ukrainy [Economic efficiency of corn growing technologies in the western forest-steppe of Ukraine]. *Innovatsiina ekonomika*. № 1. S.227-238. DOI: <https://doi.org/10.37332/2309-1533.2025.1.26> [in Ukrainian].
5. Skakun V. M., Marchenko T. Yu., Zavalniuk O. I. (2023) Ekonomichna otsinka vyroshchuvannya liniiy batkivskykh komponentiv ta hibrydiv kukurudzy riznykh hrup FAO v umovakh tsentralnoho Lisostepu [Economic assessment of growing lines of parental components and hybrids of corn of different FAO groups in the conditions of the central Forest-Steppe]. *Ahrarni innovatsii*. № 19. S. 100-105 DOI <https://doi.org/10.32848/agar.innov.2023.19.16> [in Ukrainian].
6. Kaminskyi V. F., Asanishvili N. M. (2020) Ekonomichna efektyvnist tekhnologii vyroshchuvannya kukurudzy riznoho rinvnia intensyvnosti [Economic efficiency of corn growing technologies of different intensity levels]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria*. Vyp. 3. S. 27-34. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-3(107)-4 [in Ukrainian].
7. Metodyka derzhavnogo sortovyprobuvannya silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti roslynnytskoi produktsii [Methods of state varietal testing of crops. Methods for determining the quality of plant products]. Kyiv. 2000. Vyp. 7. 144. [In Ukrainian].
8. Yeshchenko V. O., Kopytko P. H., Opryshko V. P., Kostohryz P. V. Osnovny naukovykh doslidzen v ahronomii [Basics of scientific research in agronomy]. Za red. V.O. Yeshchenka. Uman: Diia, 2005. 288 s. [In Ukrainian].

Циганський В.І., Телеватюк Б.І., Бандровський Д.В., Михайлюк О.С. Економічна оцінка моделей технології вирощування кукурудзи за біологізованої системи живлення

**Мета.** Визначення економічної ефективності вирощування гібридів кукурудзи за умови сумісного використання у системі живлення мінеральних і біологічних добрив, а також оптимізації густоти рослин у ґрунтово-кліматичних умовах Лісостепу Правобережного на сірих лісових ґрунтах.

**Методи.** Польові дослідження проводилися впродовж 2021–2023 років на дослідному полі НДГ «Агрономічне» ВНАУ с. Агрономічне. Технологія обробітку ґрунту була традиційною для Лісостепової зони України, площа облікової дослідної ділянки складала 46 м<sup>2</sup>, загальної площі – 62 м<sup>2</sup>. Факторіальна схема експерименту включала комбінацію 2:2:5, що становило 20 варіантів випробувань (загальна кількість ділянок у чотирьох повтореннях – 80). Варіанти розміщувалися систематично, з чотириразовим повторенням кожного.

**Результати.** Встановлено, що на варіантах де досліджували гібрид Р8834 використання Граундфіксу у нормі 4 л/га на фоні N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> забезпечило рівень рентабельності 109 % за густоти 65 тис/га і 119 % за густоти 70 тис/га, а за внесення Граундфікса 6 л/га, відповідно 111 % і 121 %, що на 7 – 9 % більше варіантів з внесенням лише мінеральних добрив. На аналогічних варіантах з гібридом Р9074 дані показники становили відповідно 99 – 117,4 % і 101 – 110 %, що перевищувало контроль на 9 %. Зниження норми добрив до N<sub>80</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub> і внесення Граундфіксу (4 і 6 л/га) забезпечило формування вищого рівня рентабельності виробництва. Так, на варіантах де досліджували гібрид Р8834 з економічної точки зору найпродуктивнішими були варіанти висіяні з густотою 70 тис/га, з удобренням N<sub>80</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub> та внесенням Граундфіксу 4 і 6 л/га, при цьому рівень рентабельності становив 129 % і 132 %. А на варіантах із гібридом Р9074 на фоні N<sub>80</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub> і внесення Граундфіксу 4 л/га і 6 л/га рівень рентабельності становив відповідно 116 і 119 %.

**Висновки.** Найбільш економічно вигідною виявилася технологія, яка передбачає густоту посіву 70 тис./га, внесення добрив у нормі N<sub>80</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub>, а також Граундфіксу 6 л/га. Такий підхід забезпечує максимальний рівень рентабельності, який становить 132 % для гібрида Р8834 та 119 % для гібрида Р9074.

**Ключові слова:** кукурудза, гібриди удобрення, біодобрива, густота стояння рослин, економічна ефективність, рівень рентабельності.

Tsyhanskyi V.I., Televatyuk B.I., Bandrovskyi D.V., Mykhailiuk O.S. Economic evaluation of corn growing technology models under a biologized nutrition system

**Objective.** Determination of the economic efficiency of growing corn hybrids under the condition of the combined use of mineral and biological fertilizers in the nutrition system, as well as optimization of plant density in the soil and climatic conditions of the Right-Bank Forest-Steppe on gray forest soils.

**Methods.** Field studies were conducted during 2021–2023 at the experimental field of the Scientific Research Group "Agronomichne" of the Ukrainian National Academy of Agricultural Sciences, Agronomichne village. The tillage technology was traditional for the Forest-Steppe zone of Ukraine, the area of the registered experimental plot was 46 m<sup>2</sup>, the total area was 62 m<sup>2</sup>. The factorial design of the experiment included a combination of 2:2:5, which amounted to 20 test variants (the total number of plots in four repetitions was 80). The variants were placed systematically, with four repetitions of each.

**Results.** It was established that in the variants where the hybrid Р8834 was studied, the use of Groundfix at a rate of 4 l/ha on the background of N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> ensured a profitability level of 109 % at a density of 65 thousand/ha and 119% at a density of 70 thousand/ha, and when applying Groundfix at 6 l/ha, 111% and 121%, respectively, which is 7–9% more than in the variants with the application of only mineral fertilizers. In similar variants with the hybrid Р9074, these indicators were 99–117.4% and 101–110 %, respectively, which exceeded the control by 9%. Reducing the fertilizer rate to N80P40K40 and applying Groundfix (4 and 6 l/ha) ensured the formation of a higher level of profitability of production. Thus, in the variants where the hybrid Р8834 was studied, the most productive from an economic point of view were the variants sown with a density of 70 thousand/ha, with N80P40K40 fertilizer and the application of Groundfix 4 and 6 l/ha, with the profitability level being 129% and 132%. And in the variants with the hybrid Р9074 on the background of N<sub>80</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub> and the application of Groundfix 4 l/ha and 6 l/ha, the profitability level was 116 and 119%, respectively.

**Conclusions.** The most economically advantageous technology was the one that provides for a seeding density of 70 thousand/ha, the application of fertilizers in the norm of N<sub>80</sub>P<sub>40</sub>K<sub>40</sub>, as well as Graunfix 6 l/ha. This approach provides the maximum level of profitability, which is 132 % for the Р8834 hybrid and 119 % for the Р9074 hybrid.

**Key words:** corn, fertilizer hybrids, biofertilizers, plant density, economic efficiency, level of profitability.

Дата першого надходження статті до видання: 22.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026



## ВПЛИВ СИСТЕМИ УДОБРЕННЯ ГІБРИДІВ РІПАКУ ОЗИМОГО НА ЯКІСТЬ ОТРИМАНОЇ ОЛІЇ З НАСІННЯ ЗА КРИТЕРІЯМИ БІОПАЛИВНОГО ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ

ЦИЦЮРА Я.Г. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

[orcid.org/0000-0002-9167-833X](https://orcid.org/0000-0002-9167-833X)

Вінницький національний аграрний університет

ТОМЧУК О.М. – аспірант

[orcid.org/0000-0002-9167-833X](https://orcid.org/0000-0002-9167-833X)

Вінницький національний аграрний університет

**Постановка проблеми.** Ріпак озимий (*Brassica napus* L.) є однією з провідних олійних культур світу, що використовується як універсальна сировина для харчової, кормової та енергетичної галузей.

У сучасних умовах зростання попиту на відновлювані джерела енергії ріпак розглядається як одна з ключових культур для біоенергетики, особливо в країнах Європи [1, 2].

Особливе значення він має у виробництві біодизельного палива завдяки високому вмісту олії в насінні (до 40–50%) і сприятливому жирнокислотному складу [3]. Ріпакова олія характеризується високим вмістом мононенасичених жирних кислот (переважно олеїнової), що забезпечує оптимальні фізико-хімічні властивості біодизеля, зокрема високе цетанове число, хорошу текучість та окиснювальну стабільність [4]. Відмічається, що система удобрення є одним із головних факторів, яка визначає якість отриманої олії ріпаку озимого як з позиції її прямого господарчого використання, так і з позиції біоенергетичного подальшого застосування [1, 5]

У результатуючому підсумку, конструювання системи удобрення високо інтенсивних гібридів ріпаку озимого з огляду на потенціал їх біоенергетичного використання є питанням, яке потребує додаткового дослідження та узагальнення, особливо для умов України у зв'язку із національними викликами формування енергетичної безпеки держави на фоні виражених тенденцій світової кризи та дефіциту паливно-мастильних матеріалів на світових ринках.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Якість ріпакової олії як сировини для біодизеля визначається комплексом показників, серед яких основними є: вміст олії в насінні, жирнокислотний склад, кислотне число, вміст фосфору, сірки та домішок, окиснювальна стабільність [1, 6]. Жирнокислотний склад є визначальним для придатності олії до виробництва біодизеля, оскільки він впливає на в'язкість, температуру застигання та екологічні характеристики пального [7]. Зокрема, підвищений вміст олеїнової кислоти покращує стабільність палива, тоді як надлишок поліненасичених кислот (лінолева, ліноленова) знижує його окиснювальну стійкість [2, 8].

Азот є одним із ключових елементів живлення ріпаку, який визначає як урожайність, так і якість продукції. Встановлено [9], що: підвищення доз азоту сприяє

збільшенню врожайності; надлишок азоту знижує вміст олії та підвищує вміст білка в насінні; змінюється жирнокислотний склад олії, зокрема зменшується вміст олеїнової кислоти при надмірному удобренні.

Крім того, азотне удобрення впливає на кислотне число та перекисне число олії, що визначає її придатність до transesterифікації при виробництві біодизеля [5, 10]. На молекулярному рівні підвищені дози азоту змінюють експресію генів, пов'язаних із синтезом жирних кислот, що призводить до зменшення накопичення олії в насінні [11].

Сірка є важливим елементом, який бере участь у синтезі білків, ферментів та ліпідів. Її роль у формуванні якості насіння ріпаку полягає у: підвищенні вмісту олії, регуляції жирнокислотного складу, зниженні вмісту глюकोзинолатів [7, 12–13]. Сучасні дослідження показують, що оптимальне поєднання азоту та сірки є необхідною умовою формування високоякісної олії [14].

Фосфор і калій забезпечують енергетичні процеси в рослинах та сприяють накопиченню запасних речовин у насінні. При цьому, комплексне застосування NPK: підвищує вміст олії, стабілізує жирнокислотний склад, покращує технологічні властивості сировини [7, 15]. Разом з тим, надмірні дози мінеральних добрив можуть знижувати ефективність вилучення олії та незначно впливати на її якість [16, 17].

Жирнокислотний склад ріпакової олії формується під впливом генотипу, умов вирощування та системи удобрення [18]. Зміна системи удобрення може призводити до: зниження вмісту олеїнової кислоти, збільшення частки поліненасичених кислот, зміни окиснювальної стабільності олії [19, 20].

Для біодизеля оптимальним є високий вміст мононенасичених жирних кислот, що забезпечує кращі експлуатаційні властивості пального [21].

Доведено, що реакція гібридів на удобрення є різною, що зумовлює необхідність індивідуального підходу до формування системи живлення [22–23]. Особливе значення мають сучасні високоолеїнові (НО) та низьколіноленові (HOLL) гібриди, які забезпечують підвищену стабільність біопалива [8].

**Метою** досліджень було оцінити оптимізований варіант удобрення ріпаку з комбінованим характером дробного основного живлення, бінарної рістрегуляції





та системи позакореневих підживлень на формування якісних показників олії з насіння вирощуваних гібридів з огляду на критерії її біопаливного використання.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження виконували у період 2022–2025 років на виробничій базі ТОВ «ВІН-АГРО ГРУП». Ґрунтові умови дослідної ділянки характеризувалися сірими лісовими ґрунтами з умістом гумусу на рівні 2,00 %. За агрохімічними показниками ґрунт містив 81 мг/кг лужногідролізованого азоту (визначення за Корнфілдом), 171,9 мг/кг рухомого фосфору (за Мачигінім) та 129 мг/кг обмінного калію (за Чиріковим). Реакція ґрунтового розчину становила рН 6,3.

Поставлені у дослідженні завдання реалізовували в межах багатфакторного польового експерименту (табл. 1). Площа облікової ділянки дорівнювала 50 м<sup>2</sup>, загальна площа – 60 м<sup>2</sup>.

Посів проводили у третій декаді серпня, використовуючи норму висіву 500 тис. схожих насінин на гектар. Ширина міжрядь становила 35 см, після сівби виконували коткування. У всіх варіантах досліду попередником була озима пшениця. Підготовка ґрунту включала лущення стерні у два проходи на глибину 6–8 см одразу після збирання попередньої культури, після чого проводили оранку на глибину 23–25 см.

У дослід було включено два гібриди ріпаку озимого різної групи стиглості: середньостиглий Абсолют та середньоранній Домінатор. Система догляду за посівами окрім чинників досліду була одно типовою для всіх варіантів досліду.

Щодобові та помісячні параметри гідротермічних умов за період досліджень послідовно представлено на рис. 1.

Аналіз гідротермічних умов показав, що вегетаційний період 2022/2023 рр. (вересень–березень) був найбільш сприятливим для перезимівлі рослин порівняно з іншими роками дослідження. Це підтверджується відносно стабільним зниженням середньодобової температури восени, яке характеризувалося градієнтом 0,057 °C/добу за умов рівномірного місячного зволоження. Найнижча температура повітря у цей період становила -11,7 °C у першій декаді січня 2023 року, а наступний мінімум -9,0 °C був зафіксований у другій декаді лютого (рис. 1).

Протягом січня–лютого частка днів із додатними температурами була незначною (10,17 % від загальної тривалості періоду до відновлення вегетації). Надалі спостерігалось поступове підвищення температури повітря у фазу весняного відновлення росту ріпаку, коли середньодобовий приріст становив 0,104 °C/добу. Такі умови, у поєднанні з незначним сніговим покривом, сприяли успішній перезимівлі та активізації ростових процесів наприкінці лютого – у середині березня.

Подальший період розвитку рослин до формування та наливу насіння характеризувався поступовим і рівномірним підвищенням температури. Максимальні значення у травні–червні досягали 17,7–22,0 °C.

Веgetаційний сезон 2023/2024 рр. відзначався високою мінливістю температурного режиму. У зимовий період фіксувалося зниження температури до -15 °C, тоді як кінець зими та початок березня характеризувалися аномально теплими умовами із середньодобовою температурою близько +5,8 °C. За відсутності достатнього снігового покриву та частих переходів через 0 °C сформувалися умови чергування замерзання і відтавання, що спричинило додаткове виснаження рослин і уповільнило їх відновлення навесні.

Таблиця 1

**Схема досліду з вивчення впливу комбінованої системи удобрення ріпаку озимого на реалізацію показників біоенергетичного потенціалу якості насіння**

| Гібрид<br>(чинник А)                     | Основний блок удобрення<br>(чинник В)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Застосування<br>фунгіцидів<br>рістрегуляторів<br>(чинник С)                                                                                                     | Позакореневе підживлення<br>мікродобривами<br>(чинник D)                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Абсолют<br>(Limagrain) (A <sub>1</sub> ) | Базовий (B <sub>1</sub> ):<br>Діамофоска (N <sub>13,1</sub> P <sub>34,1</sub> K <sub>34,1</sub> під оранку + N <sub>10</sub> P <sub>26</sub> K <sub>26</sub> при посіві) + ВВСН 20: карбамід (N <sub>76,9</sub> весною по мерзлоталому ґрунту)<br>Норма внесення для варіанту – N <sub>100</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub><br><br>Поліпшений (B <sub>2</sub> ):<br>Діамофоска + 1S (N <sub>14,4</sub> P <sub>37,4</sub> K <sub>37,4</sub> S <sub>1,5</sub> під оранку) + Росаферт 15-15-15 (N <sub>22,5</sub> P <sub>22,5</sub> K <sub>22,5</sub> S <sub>22,5</sub> при посіві) + ВВСН 20: КАС-32 (N <sub>60,5</sub> ) + Тіосульфат амонію (N <sub>2,6</sub> S <sub>6,0</sub> ) (весною по мерзлоталому ґрунту)<br>Норма внесення для варіанту – N <sub>100</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> S <sub>30</sub> | Контроль (без ріст регуляції, обробка водою) (C <sub>1</sub> )<br><br>"ВВСН 14–16 + ВВСН 35–39: Карамба Турбо (0,65 л/га) + Букат (0,35 л/га) (C <sub>2</sub> ) | Без підживлень (контроль, обробка водою) (D <sub>1</sub> )<br><br>ВВСН 31–34: Розалік (В) (1 л/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (D <sub>2</sub> )<br><br>ВВСН 51–53: Розасоль 18-18-18+МЕ (3 кг/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га) (D <sub>3</sub> )<br><br>Комбінація варіантів D <sub>2</sub> та D <sub>3</sub> (D <sub>4</sub> ) |

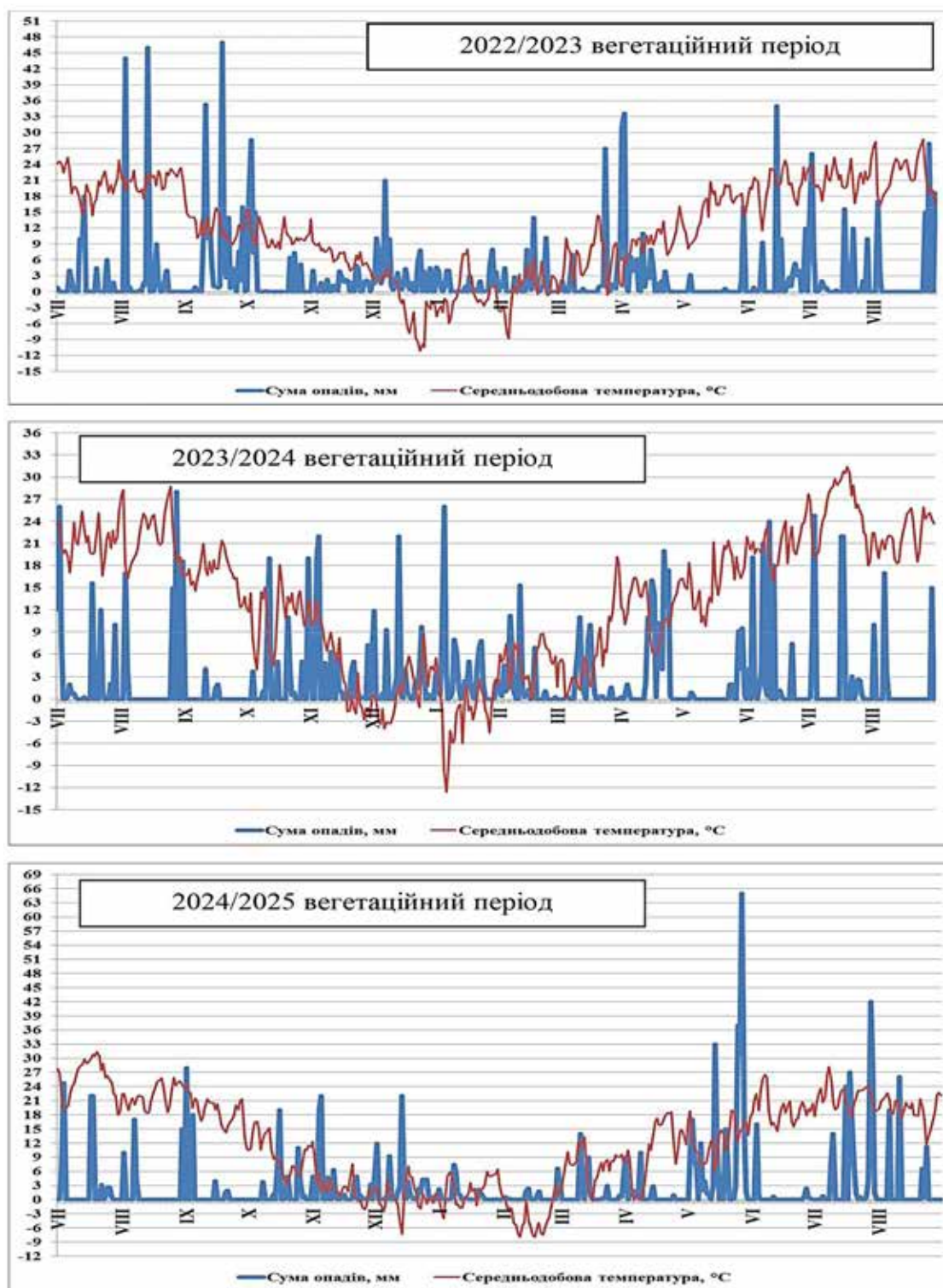


**Рис. 1. Гідротермічний режим періодів вегетації ріпаку озимого за повний цикл досліджень, 2022–2025 рр. (за даними датчикової метеостанції (WMO\_ID=33562) (49°14'60" пн. ш. 28°31'60" сх. д. на висоті 295 метрів над рівнем моря))**

У весняно-літній період цього року середня температура становила 18,2 °C, а відносна вологість повітря – 66,7 %. Водночас опади розподілялися нерівномірно (коефіцієнт варіації 36,9 %), а їх сума

за квітень – початок липня становила 268,7 мм. Така ситуація призвела до нестабільного водного режиму з короткочасними посушливими періодами тривалістю 5–8 діб, що створювало додатковий абіотичний стрес

для рослин та впливало на формування продуктивності.

Умови 2024/2025 вегетаційного періоду суттєво відрізнялися від попередніх років. Середньодобова температура у березні–травні була нижчою в середньому на 5,4 °С порівняно з 2022/2023 рр. і на 6,9 °С – порівняно з 2023/2024 рр. У першій декаді травня спостерігалися зниження температури до 0 °С та нічні приморозки, що спричинило ушкодження центрального стебла. У результаті врожайність у варіантах дослідів зменшилася на 0,5–0,7 т/га порівняно з 2022–2023 рр.

Якісні показники насіння та олії гібридів ріпаку озимого визначали у сертифікованій лабораторії ПрАТ «Вінницький ОЖК» відповідно до вимог ДСТУ 4966:2008 [24]. Для аналізу застосовували інфрачервоний аналізатор AgriCheck (Bruins Instruments, Німеччина). Жирнокислотний склад встановлювали методом газорідинної хроматографії згідно з ДСТУ EN ISO 12966-4:2019 [25] із використанням газового хроматографа Хроматек-Кристал 5000.

Оцінювання придатності олії, отриманої з різних варіантів дослідів, здійснювали за системою показників, наведених у [26]. До них належали: коефіцієнт подовження (ER), коефіцієнт десатурації (DR), коефіцієнт десатурації олеїнової кислоти (ODR), коефіцієнт десатурації лінолевої кислоти (LDR), співвідношення насичених і ненасичених жирних кислот (S/U) та співвідношення поліненасичених і мононенасичених жирних кислот (PU/MU).

$$ER = \frac{C_{20:1} + C_{22:1}}{C_{20:1} + C_{22:1} + C_{18:1} + C_{18:2} + C_{18:3}} \quad (1)$$

$$R = \frac{C_{18:2} + C_{18:3}}{C_{20:1} + C_{22:1} + C_{18:1} + C_{18:2} + C_{18:3}} \quad (2)$$

$$ODR = \frac{C_{18:2} + C_{18:3}}{C_{18:1} + C_{18:2} + C_{18:3}} \quad (3)$$

$$LDR = \frac{C_{18:3}}{C_{18:2} + C_{18:3}} \quad (4)$$

де: C18:1, C18:2...C22:1 – частка відповідних жирних кислот у структурі, %

$$\frac{S}{U} = \frac{\text{Частка насичених жирних кислот}(\%)}{\text{Частка ненасичених жирних кислот}(\%)} \quad (5)$$

$$\frac{PU}{MU} = \frac{\text{Частка поліненасичених жирних кислот}(\%)}{\text{Частка мононенасичених жирних кислот}(\%)} \quad (6)$$

Для прогнозного визначення показників якості біопалива, отриманого з олії насіння у різних варіантах дослідів, відповідно до вимог ДСТУ EN 14214:2019 [27], застосовували розрахункову програму Rapeseed\_Biodiesel\_Full\_FA\_Profile.

Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали із використанням загальноприйнятих методів дисперсійного аналізу. Розрахунки виконували за допомогою програмного пакета Statistica 10.0.

**Результати досліджень.** Аналіз середніх значень показників якості олії, отриманої у різних варіантах дослідів, дозволив встановити вплив агротехнічних факторів на формування критеріїв придатності ріпакової олії для біоенергетичного використання.

Для гібриду Домінатор (табл. 2) порівняння варіантів із застосуванням регуляторів росту та дворазового позакореневого підживлення на фоні вдосконаленої системи основного удобрення показало збільшення вмісту насичених жирних кислот на 0,37 %, а також зростання частки мононенасичених на 2,0 %. Водночас відмічено зменшення частки поліненасичених жирних кислот на 2,4 %.

На цьому тлі простежується стабільне зниження середніх значень коефіцієнта десатурації лінолевої кислоти, співвідношення поліненасичених до мононенасичених жирних кислот, а також загального коефіцієнта десатурації. Це свідчить про певну перебудову жирнокислотного складу в напрямку більш стабільної біохімічної структури олії, що може позитивно впливати на її технологічні властивості та ефективність використання для виробництва біодизелю. Найбільш виражені відмінності спостерігалися між крайніми варіантами дослідної схеми.

Для гібриду Абсолют (табл. 3) загальна тенденція формування показників була подібною, за винятком частки насичених жирних кислот, яка, на відміну від Домінатора, демонструвала зростання.

Варто підкреслити, що, як зазначалося раніше, важливим є не лише рівень урожайності олії, але й оцінка її придатності для подальшого використання в біоенергетичних цілях відповідно до завдань дослідження.

Зокрема вважається, що жирнокислотний склад насіння олії ріпаку озимого визначає ряд важливих експлуатаційних властивостей майбутнього біодизеля, а саме: холодотекучість, цетанове число, окиснювальну стабільність і в'язкість [8, 12].

Встановлено, що насичені жирні кислоти – пальмітинова (C16:0), стеаринова (C18:0) та арахідова (C20:0) – позитивно впливають на підвищення цетанового числа біодизеля. Це, у свою чергу, забезпечує більш рівномірне згоряння палива, а також сприяє підвищенню його термічної та окиснювальної стабільності, що проявляється у сповільненні процесів біохімічного старіння [3]. Водночас збільшення їх частки у складі біопалива може призводити до погіршення низькотемпературних властивостей, зокрема підвищення схильності до кристалізації [8].

Мононенасичені жирні кислоти, до яких належать олеїнова (C18:1), ейкозенова (C20:1), гондоева (C20:1) та ерукова (C22:1), є ключовим компонентом, що визначає експлуатаційні характеристики біодизеля. Вони сприяють оптимізації холодотекучості, підвищують окиснювальну стабільність, забезпечують належне цетанове число та регулюють в'язкість у межах вимог стандарту EN 14214 [27]. Особливо важливе значення має олеїнова кислота, яка вважається бажаним компонентом високоякісного біопалива, тому ріпакова олія з її

Таблиця 2

Показники біоенергетичної якості жирнокислотного складу олії з насіння гібриду ріпаку озимого  
Домінатор залежно від варіантів досліду поставлених на вивчення (2023–2025 рр.), %

| Основний юлок удобрення<br>(чинник В) | Регулятор росту<br>(чинник С) | Підживлення (чинник D) | Частка насичених жирних<br>кислот, % | Частка мононенасичених<br>жирних кислот, % | Частка поліненасичених<br>жирних кислот, % | Коефіцієнти якості            |                                |                                                   |                                                   |                                                                                |                                                                                                 |
|---------------------------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                       |                               |                        |                                      |                                            |                                            | коефіцієнт подовження<br>(ER) | коефіцієнт<br>десатурації (DR) | коефіцієнт десатурації<br>олеїнової кислоти (ODR) | коефіцієнт десатурації<br>лінолевої кислоти (LDR) | коефіцієнт<br>співвідношення<br>насичених і ненасичених<br>жирних кислот (S/U) | коефіцієнт<br>співвідношення<br>поліненасичених та<br>мононенасичених<br>жирних кислот (P/U/MU) |
| Базовий (В <sub>1</sub> )             | С <sub>1</sub>                | D <sub>1</sub>         | 7,00                                 | 65,35                                      | 27,65                                      | 0,006                         | 0,299                          | 0,301                                             | 0,296                                             | 0,075                                                                          | 0,423                                                                                           |
|                                       |                               | D <sub>2</sub>         | 7,02                                 | 65,44                                      | 27,54                                      | 0,007                         | 0,297                          | 0,299                                             | 0,293                                             | 0,076                                                                          | 0,421                                                                                           |
|                                       |                               | D <sub>3</sub>         | 7,07                                 | 65,59                                      | 27,34                                      | 0,007                         | 0,295                          | 0,297                                             | 0,294                                             | 0,076                                                                          | 0,417                                                                                           |
|                                       |                               | D <sub>4</sub>         | 7,09                                 | 65,74                                      | 27,17                                      | 0,007                         | 0,293                          | 0,295                                             | 0,294                                             | 0,076                                                                          | 0,413                                                                                           |
|                                       | С <sub>2</sub>                | D <sub>1</sub>         | 7,01                                 | 65,34                                      | 27,65                                      | 0,006                         | 0,299                          | 0,300                                             | 0,294                                             | 0,075                                                                          | 0,423                                                                                           |
|                                       |                               | D <sub>2</sub>         | 7,02                                 | 65,53                                      | 27,45                                      | 0,007                         | 0,296                          | 0,298                                             | 0,295                                             | 0,076                                                                          | 0,419                                                                                           |
|                                       |                               | D <sub>3</sub>         | 7,01                                 | 65,52                                      | 27,47                                      | 0,007                         | 0,296                          | 0,298                                             | 0,295                                             | 0,075                                                                          | 0,419                                                                                           |
|                                       |                               | D <sub>4</sub>         | 7,03                                 | 65,59                                      | 27,38                                      | 0,007                         | 0,295                          | 0,297                                             | 0,293                                             | 0,076                                                                          | 0,417                                                                                           |
| Поліпшений (В <sub>2</sub> )          | С <sub>1</sub>                | D <sub>1</sub>         | 7,23                                 | 66,47                                      | 26,3                                       | 0,008                         | 0,285                          | 0,287                                             | 0,273                                             | 0,078                                                                          | 0,396                                                                                           |
|                                       |                               | D <sub>2</sub>         | 7,27                                 | 66,66                                      | 26,07                                      | 0,008                         | 0,282                          | 0,285                                             | 0,273                                             | 0,078                                                                          | 0,391                                                                                           |
|                                       |                               | D <sub>3</sub>         | 7,27                                 | 66,72                                      | 26,01                                      | 0,008                         | 0,281                          | 0,283                                             | 0,272                                             | 0,078                                                                          | 0,390                                                                                           |
|                                       |                               | D <sub>4</sub>         | 7,31                                 | 66,76                                      | 25,93                                      | 0,008                         | 0,280                          | 0,283                                             | 0,269                                             | 0,079                                                                          | 0,388                                                                                           |
|                                       | С <sub>2</sub>                | D <sub>1</sub>         | 7,16                                 | 66,99                                      | 25,85                                      | 0,008                         | 0,279                          | 0,282                                             | 0,276                                             | 0,077                                                                          | 0,386                                                                                           |
|                                       |                               | D <sub>2</sub>         | 7,27                                 | 67,09                                      | 25,64                                      | 0,008                         | 0,277                          | 0,280                                             | 0,277                                             | 0,078                                                                          | 0,382                                                                                           |
|                                       |                               | D <sub>3</sub>         | 7,25                                 | 67,26                                      | 25,49                                      | 0,008                         | 0,275                          | 0,277                                             | 0,276                                             | 0,078                                                                          | 0,379                                                                                           |
|                                       |                               | D <sub>4</sub>         | 7,37                                 | 67,37                                      | 25,26                                      | 0,008                         | 0,273                          | 0,275                                             | 0,277                                             | 0,080                                                                          | 0,375                                                                                           |

Примітка. С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub> – варіанти відповідно без рістрегуляції та з нею. D<sub>1</sub> – Без підживлення; D<sub>2</sub> – ВВСН 31–34: Розалік (В) (1 л/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га); D<sub>3</sub> – ВВСН 51–53: Розасоль 18-18-18+ME (3 кг/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га); D<sub>4</sub> – комбінація варіантів D<sub>2</sub> та D<sub>3</sub>.

підвищеним вмістом є більш придатною для біоенергетичного використання [17].

На відміну від попередньої групи, поліненасичені жирні кислоти (лінолева С18:2, ліноленова С18:3, ейкозадієнова С20:2 та інші, див. Додаток Я) негативно впливають на стабільність біопалива. Їх висока частка сприяє утворенню смолистих сполук, пероксидів і осадів, знижує цетанове число та прискорює процеси старіння пального, що скорочує термін його зберігання [4, 6, 8, 10, 12]. Зокрема, підвищений вміст ліноленової кислоти (С18:3) істотно збільшує ризик оксидативної полімеризації [13, 16]. Разом із тим ця група жирних кислот позитивно впливає на низькотемпературні властивості палива. Водночас відповідно до вимог стандарту EN 14214 вміст ліноленової кислоти обмежується рівнем ≤ 12 % з метою забезпечення стабільності біодизельної суміші [27].

За умов комбінованого впливу підвищеного рівня основного удобрення, застосування регуляторів росту та дворазового внесення мікродобрив у порівнянні з мінімальним варіантом (В1С1D1) встановлено закономірності зміни профілю жирних кислот, які наведено на рис. 2.

З урахуванням попередньо встановленого впливу окремих жирних кислот на прогнозовані властивості біопалива, результати проведених досліджень підтвердили можливість цілеспрямованого регулювання жирнокислотного складу ріпакової олії, а отже й характеристик біодизеля, отриманого з неї. Застосування найбільш інтенсивного варіанту технології вирощування ріпаку озимого для обох досліджуваних гібридів сприяло підвищенню частки олеїнової кислоти (С18:1) у середньому на 3,30–3,65 % залежно від генотипу. Одночасно спостерігалось зменшення вмісту лінолевої (С18:2) та ліноленової (С18:3) кислот відповідно на 2,3–6,4 % і 14,7–21,7 %.

Найбільш суттєвим результатом стало зниження частки ліноленової кислоти (С18:3), що є позитивним чинником з точки зору підвищення стабільності біопалива [22, 28]. Крім того, оптимізація технологічних елементів вирощування забезпечила збільшення вмісту насичених жирних кислот – пальмітинової (С16:0), стеаринової (С18:0) та арахінової (С20:0) – у середньому на 13,5–14,8 %. У комплексі ці зміни свідчать про покращення загального жирнокислотного профілю олії за рахунок поєднання оптимізованої системи основного

Таблиця 3

Показники біоенергетичної якості жирнокислотного складу олії з насіння гібриду ріпаку озимого Абсолют залежно від варіантів досліду поставлених на вивчення (2023–2025 рр.), %

| Основний юлок удобрення<br>(чинник В) | Регулятор росту<br>(чинник С) | Підживлення (чинник D) | Частка насичених жирних<br>кислот, % | Частка мононенасичених<br>жирних кислот, % | Частка поліненасичених<br>жирних кислот, % | Коефіцієнти якості            |                                |                                                   |                                                   |                                                                                |                                                                                                 |
|---------------------------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                       |                               |                        |                                      |                                            |                                            | коефіцієнт подовження<br>(ER) | коефіцієнт<br>десатурації (DR) | коефіцієнт десатурації<br>олеїнової кислоти (ODR) | коефіцієнт десатурації<br>лінолевої кислоти (LDR) | коефіцієнт<br>співвідношення<br>насичених і ненасичених<br>жирних кислот (S/U) | коефіцієнт<br>співвідношення<br>поліненасичених та<br>мононенасичених<br>жирних кислот (P/U/MU) |
| Базовий (В <sub>1</sub> )             | C <sub>1</sub>                | D <sub>1</sub>         | 6,84                                 | 65,94                                      | 27,22                                      | 0,009                         | 0,293                          | 0,296                                             | 0,326                                             | 0,073                                                                          | 0,413                                                                                           |
|                                       |                               | D <sub>2</sub>         | 6,75                                 | 66,11                                      | 27,14                                      | 0,009                         | 0,292                          | 0,295                                             | 0,325                                             | 0,072                                                                          | 0,411                                                                                           |
|                                       |                               | D <sub>3</sub>         | 6,75                                 | 66,16                                      | 27,09                                      | 0,010                         | 0,292                          | 0,294                                             | 0,324                                             | 0,072                                                                          | 0,409                                                                                           |
|                                       |                               | D <sub>4</sub>         | 6,76                                 | 66,24                                      | 27,00                                      | 0,010                         | 0,290                          | 0,293                                             | 0,323                                             | 0,073                                                                          | 0,408                                                                                           |
|                                       | C <sub>2</sub>                | D <sub>1</sub>         | 6,79                                 | 66,00                                      | 27,21                                      | 0,009                         | 0,293                          | 0,296                                             | 0,325                                             | 0,073                                                                          | 0,412                                                                                           |
|                                       |                               | D <sub>2</sub>         | 6,73                                 | 66,06                                      | 27,21                                      | 0,009                         | 0,293                          | 0,296                                             | 0,324                                             | 0,072                                                                          | 0,412                                                                                           |
|                                       |                               | D <sub>3</sub>         | 6,76                                 | 66,13                                      | 27,11                                      | 0,010                         | 0,291                          | 0,294                                             | 0,324                                             | 0,073                                                                          | 0,410                                                                                           |
|                                       |                               | D <sub>4</sub>         | 6,73                                 | 66,27                                      | 27,00                                      | 0,010                         | 0,290                          | 0,293                                             | 0,321                                             | 0,072                                                                          | 0,407                                                                                           |
| Поліпшений (В <sub>2</sub> )          | C <sub>1</sub>                | D <sub>1</sub>         | 6,72                                 | 67,77                                      | 25,51                                      | 0,009                         | 0,274                          | 0,277                                             | 0,304                                             | 0,072                                                                          | 0,376                                                                                           |
|                                       |                               | D <sub>2</sub>         | 6,72                                 | 67,89                                      | 25,39                                      | 0,010                         | 0,273                          | 0,276                                             | 0,295                                             | 0,072                                                                          | 0,374                                                                                           |
|                                       |                               | D <sub>3</sub>         | 6,72                                 | 67,96                                      | 25,32                                      | 0,010                         | 0,272                          | 0,274                                             | 0,293                                             | 0,072                                                                          | 0,373                                                                                           |
|                                       |                               | D <sub>4</sub>         | 6,64                                 | 68,05                                      | 25,31                                      | 0,010                         | 0,271                          | 0,274                                             | 0,288                                             | 0,071                                                                          | 0,372                                                                                           |
|                                       | C <sub>2</sub>                | D <sub>1</sub>         | 6,84                                 | 67,83                                      | 25,33                                      | 0,009                         | 0,273                          | 0,275                                             | 0,296                                             | 0,073                                                                          | 0,373                                                                                           |
|                                       |                               | D <sub>2</sub>         | 6,88                                 | 67,93                                      | 25,19                                      | 0,009                         | 0,271                          | 0,274                                             | 0,290                                             | 0,074                                                                          | 0,371                                                                                           |
|                                       |                               | D <sub>3</sub>         | 6,86                                 | 68,05                                      | 25,09                                      | 0,010                         | 0,270                          | 0,272                                             | 0,287                                             | 0,074                                                                          | 0,369                                                                                           |
|                                       |                               | D <sub>4</sub>         | 6,78                                 | 68,25                                      | 24,97                                      | 0,010                         | 0,268                          | 0,271                                             | 0,280                                             | 0,073                                                                          | 0,366                                                                                           |

Примітка. C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> – варіанти відповідно без рістрегуляції та з нею. D<sub>1</sub> – Без підживлення; D<sub>2</sub> – ВВСН 31–34: Розалік (В) (1 л/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га); D<sub>3</sub> – ВВСН 51–53: Розасоль 18-18-18+ME (3 кг/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га); D<sub>4</sub> – комбінація варіантів D<sub>2</sub> та D<sub>3</sub>.

удобрення, застосування регуляторів росту та позакореневих підживлень (рис. 3). Це формує більш сприятливі передумови для отримання якіснішої сировини для біопаливного використання.

Для обох досліджуваних гібридів зафіксовано підвищення частки мононенасичених жирних кислот у середньому на 3,1–3,5 % у відносному вимірі. Саме ця група сполук має визначальне значення для формування якісних характеристик біопалива, отриманого з ріпакової олії [12, 27].

Додатково встановлено зменшення коефіцієнта співвідношення поліненасичених і мононенасичених жирних кислот (P/U/MU) на 11,3 % у однаковій мірі для обох гібридів. Це сприяє відносному зростанню частки насичених і мононенасичених кислот у загальному профілі олії. Відповідно до літературних даних [8, 16], такі зміни позитивно впливають на технологічні властивості як олії, так і біодизеля, отриманого з неї, підвищуючи його експлуатаційну якість. Результати розрахунку основних показників прогнозованого біодизеля, отриманого з олії дослідних варіантів згідно з вимогами європейського стандарту EN 14214 [27], для гібридів Домінатор та Абсолют наведено відповідно у таблицях 4–5.

Відповідно до вказаного стандарту EN 14214 [27] ідеальні показники для біодизеля з ріпакової олії є наступними: цетанове число 52–55 (оптимум 55), кінематична в'язкість 3,5–5,0 мм<sup>2</sup>/с в ідеальному варіанті 4,5 мм<sup>2</sup>/с, щільність 0,860–0,900 г/см<sup>3</sup> (оптимальна на нижньому порозі в інтервалі 0,865–0,875 г/см<sup>3</sup>), теплота згорання 37–40 МДж/кг і з врахуванням, що цей показник для звичайного дизеля в інтервалі 42–45 МДж/кг – вище його значення в біодизеля є бажаним.

З урахуванням виявленої динаміки показників для обох гібридів встановлено, що отримана в досліді ріпакова олія за прогнозними оцінками відповідає параметрам класичного біодизеля, зокрема характеризується близьким до оптимального рівнем кінематичної в'язкості. При цьому простежується чітка тенденція до покращення основних енергетичних і експлуатаційних характеристик, таких як кінематична в'язкість, цетанове число та теплота згорання.

Хоча абсолютні зміни окремих показників можуть здаватися незначними, у порівнянні між крайніми варіантами технологічної схеми вони мають відчутний вплив на кінцеву якість біодизеля, отриманого з відповідної сировини. Найвищі значення комплексних показників

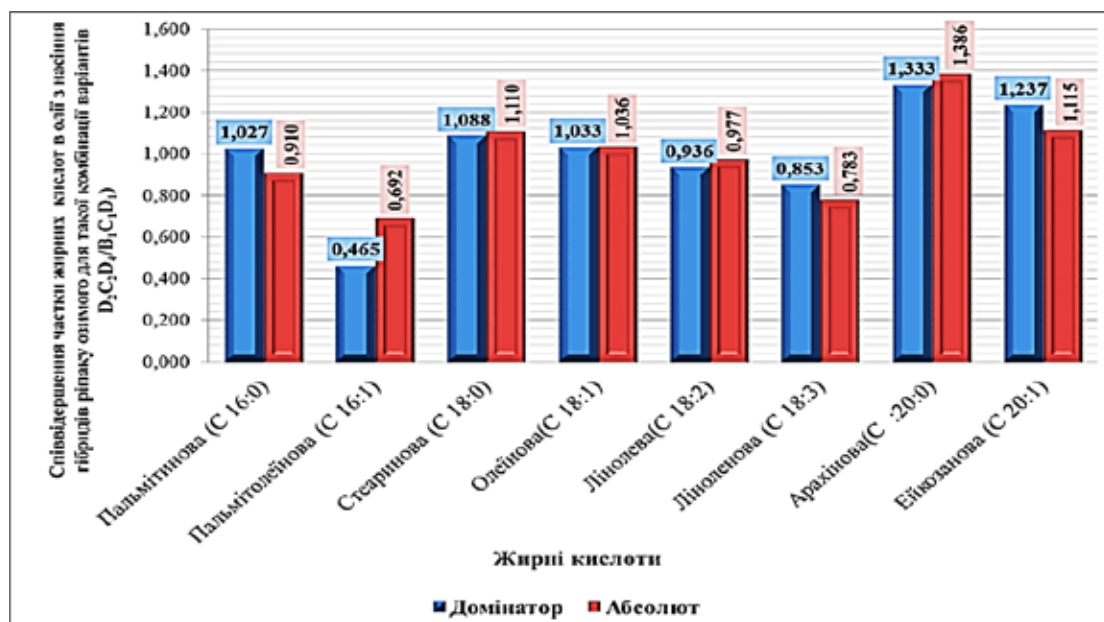


Рис. 2. Коефіцієнти співвідношення вмісту жирних кислот в олії з насіння гібридів ріпаку озимого при порівнянні варіантів дослідів у комбінації факторів  $B_2C_2D_4$  до  $B_1C_1D_1$ .

Примітка.  $B_1$  – варіант базового основного блоку удобрення;  $B_2$  – варіант поліпшеного основного блоку удобрення;  $C_1$ ,  $C_2$  – варіанти відповідно без рістрегуляції та з нею.  $D_1$  – Без підживлення;  $D_4$  – комбінація варіантів:  $D_2$  – BBCH 31–34: Розалік (В) (1 л/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га);  $D_3$  – BBCH 51–53: Розасоль 18-18-18+ME (3 кг/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га).

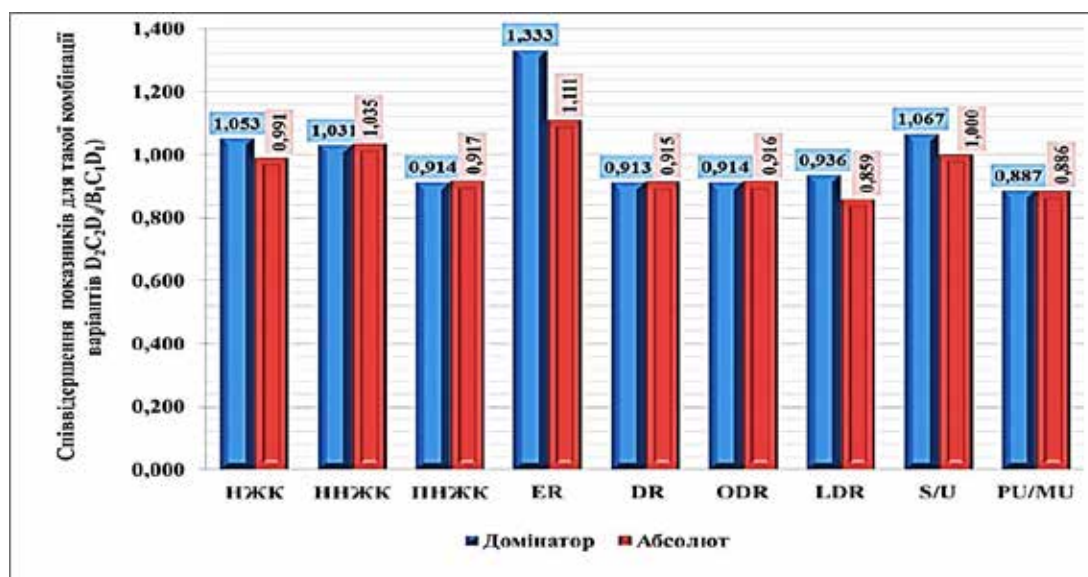


Рис. 3. Показники біоенергетичної якості жирнокислотного складу олії з насіння гібриду ріпаку при порівнянні варіантів дослідів у комбінації факторів  $B_2C_2D_4$  до  $B_1C_1D_1$ .

Примітка.  $B_1$  – варіант базового основного блоку удобрення;  $B_2$  – варіант поліпшеного основного блоку удобрення;  $C_1$ ,  $C_2$  – варіанти відповідно без рістрегуляції та з нею.  $D_1$  – Без підживлення;  $D_4$  – комбінація варіантів:  $D_2$  – BBCH 31–34: Розалік (В) (1 л/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га);  $D_3$  – BBCH 51–53: Розасоль 18-18-18+ME (3 кг/га) + ад'ювант Спрей-Ейд (0,08 л/га). НЖК – частка насичених жирних кислот, %; ННЖК – частка мононенасичених жирних кислот, %; ПНЖК – частка поліненасичених жирних кислот, % ER – коефіцієнт подовження; DR – коефіцієнт десатурації; ODR – коефіцієнт десатурації олеїнової кислоти; LDR – коефіцієнт десатурації лінолевої кислоти S/U – коефіцієнт співвідношення насичених і ненасичених жирних кислот; PU/MU – коефіцієнт співвідношення поліненасичених та мононенасичених жирних кислот.

Таблиця 5

Прогнозовані показники якості біодизелю отриманого з олії гібриду ріпаку озимого Абсолют залежно від варіантів досліду поставлених на вивчення (середнє за 2023–2025 рр.)\*

| Основний блок<br>удобрення<br>(В)                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Регулятор<br>росту<br>(С)                                                                                     | Позакореневе підживлення<br>(D)                                                                      | Щільність,<br>г/см <sup>3</sup> | Кінематична<br>в'язкість,<br>мм <sup>2</sup> /с | Цетанове<br>число | Теплота<br>згоряння,<br>МДж/кг |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| Базовий (В <sub>1</sub> ):<br>(Діамофоска 231 кг/га<br>(131 кг/га під оранку +<br>ВВСН 00: 100 кг/га при<br>посіві)<br>ВВСН 20: карбамід<br>(167 кг/га) (по мерзлоталому<br>ґрунту весною)<br><br>Норма: N <sub>100</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>                                                                 | Контроль без<br>обробки (С <sub>1</sub> )                                                                     | Без підживлення (D <sub>1</sub> )                                                                    | 0,879                           | 4,212                                           | 53,658            | 39,506                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                               | ВВСН 31–34: Розалік (В)<br>(1 л/га) + ад'ювант Спрей-Ейд<br>(0,08 л/га) (D <sub>2</sub> )            | 0,878                           | 4,220                                           | 53,715            | 39,503                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                               | ВВСН 51–53: Розасоль 18-18-<br>18+МЕ (3 кг/га) + ад'ювант<br>Спрей-Ейд (0,08 л/га) (D <sub>3</sub> ) | 0,878                           | 4,222                                           | 53,736            | 39,506                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                               | Комбінація варіантів D <sub>2</sub> та D <sub>3</sub><br>(D <sub>4</sub> )                           | 0,878                           | 4,224                                           | 53,773            | 39,508                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | ВВСН 14–16<br>+ ВВСН<br>35–39:<br>Карамба<br>Турбо<br>(0,65 л/га) +<br>Букат (0,35<br>л/га) (С <sub>2</sub> ) | D <sub>1</sub>                                                                                       | 0,878                           | 4,218                                           | 53,692            | 39,505                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                               | D <sub>2</sub>                                                                                       | 0,878                           | 4,220                                           | 53,698            | 39,505                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                               | D <sub>3</sub>                                                                                       | 0,878                           | 4,221                                           | 53,733            | 39,506                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                               | D <sub>4</sub>                                                                                       | 0,878                           | 4,224                                           | 53,772            | 39,508                         |
| Поліпшений (В <sub>2</sub> ):<br>(Діамофоска +1S<br>(144 кг/га під оранку)<br>+ ВВСН 00: Росаферт<br>15-15-15 (150 кг/га при<br>посіві); ВВСН 20: КАС-32<br>(189 л/га) + Тіосульфат<br>амонію (22 л/га)) (по<br>мерзлоталому ґрунту<br>весною)<br>Норма: N <sub>100</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> S <sub>30</sub> | C <sub>1</sub>                                                                                                | D <sub>1</sub>                                                                                       | 0,877                           | 4,243                                           | 54,204            | 39,623                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                               | D <sub>2</sub>                                                                                       | 0,877                           | 4,247                                           | 54,274            | 39,625                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                               | D <sub>3</sub>                                                                                       | 0,877                           | 4,249                                           | 54,302            | 39,626                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                               | D <sub>4</sub>                                                                                       | 0,877                           | 4,251                                           | 54,314            | 39,626                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | C <sub>2</sub>                                                                                                | D <sub>1</sub>                                                                                       | 0,877                           | 4,247                                           | 54,301            | 39,626                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                               | D <sub>2</sub>                                                                                       | 0,876                           | 4,251                                           | 54,377            | 39,629                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                               | D <sub>3</sub>                                                                                       | 0,876                           | 4,253                                           | 54,412            | 39,630                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                               | D <sub>4</sub>                                                                                       | 0,875                           | 4,257                                           | 54,461            | 39,638                         |

Примітка. Розраховано за використання Exel Rapeseed\_Biodiesel\_Full\_FA\_Profile на підставі структури жирнокислотного складу

якості були досягнуті у варіанті максимального поєднання елементів оптимізації технології вирощування ріпаку озимого (комбінація В<sub>2</sub>С<sub>2</sub>Д<sub>4</sub>). Саме цей підхід забезпечив формування найбільш якісного та енергетично цінного біопалива.

У порівнянні з мінімальним варіантом інтенсифікації (В<sub>1</sub>С<sub>1</sub>Д<sub>1</sub>) встановлено підвищення цетанового числа в середньому на 0,761 у гібриду Домінатор та на 0,803 у гібриду Абсолют. Також зафіксовано зниження кінематичної в'язкості відповідно на 0,033 і 0,045 мм<sup>2</sup>/с, а також збільшення теплоти згоряння на 0,126 та 0,132 МДж/кг.

**Висновок.** Доведено, що жирнокислотний склад ріпакової олії істотно залежить від агротехнологічних факторів. Порівняно з мінімальним варіантом досліду, застосування регуляторів росту, дворазових

позакореневих підживлень та оптимізованої системи основного удобрення призводило до збільшення частки насичених жирних кислот на 0,37 %, мононенасичених – на 2,0 %, при одночасному зменшенні поліненасичених – на 2,4 %. Також спостерігалось зниження коефіцієнтів десатурації лінолевої кислоти, співвідношення поліненасичених до мононенасичених жирних кислот та загального коефіцієнта десатурації.

Встановлено покращення якості ріпакової олії як сировини для біопалива у варіанті максимальної оптимізації технології вирощування. Це проявлялося у зростанні цетанового числа на 0,761–0,803 одиниці, зниженні кінематичної в'язкості на 0,033–0,045 мм<sup>2</sup>/с та підвищенні теплоти згоряння на 0,126–0,132 МДж/кг залежно від гібриду.



Таблиця 4

Прогнозовані показники якості біодизелю отриманого з олії гібриду ріпаку озимого Домінатор залежно від варіантів досліду поставлених на вивчення (середнє за 2023–2025 рр.)\*

| Основний блок<br>удобрєння<br>(В)                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Регулятор<br>росту<br>(С)                                                                                     | Позакореневе підживлення<br>(D)                                                                      | Щільність,<br>г/см³ | Кінематична<br>в'язкість,<br>мм²/с | Цетанове<br>число | Теплота<br>згоряння,<br>МДж/кг |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| Базовий (В <sub>1</sub> ):<br>(Діамофоска 231 кг/га<br>(131 кг/га під оранку +<br>ВВСН 00: 100 кг/га при<br>посіві)<br>ВВСН 20: карбамід<br>(167 кг/га) (по мерзлота-<br>лому ґрунту весною)<br><br>Норма: N <sub>100</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>                                                                   | Контроль без<br>обробки (C <sub>1</sub> )                                                                     | Без підживлення (D <sub>1</sub> )                                                                    | 0,878               | 4,212                              | 53,658            | 39,506                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                               | ВВСН 31–34: Розалік (В)<br>(1 л/га) + ад'ювант Спрей-Ейд<br>(0,08 л/га) (D <sub>2</sub> )            | 0,878               | 4,214                              | 53,707            | 39,507                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                               | ВВСН 51–53: Розасоль 18-18-<br>18+МЕ (3 кг/га) + ад'ювант<br>Спрей-Ейд (0,08 л/га) (D <sub>3</sub> ) | 0,878               | 4,222                              | 53,736            | 39,506                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                               | Комбінація варіантів D <sub>2</sub> та D <sub>3</sub><br>(D <sub>4</sub> )                           | 0,878               | 4,224                              | 53,773            | 39,508                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | ВВСН 14–16<br>+ ВВСН<br>35–39:<br>Карамба<br>Турбо<br>(0,65 л/га) +<br>Букат (0,35<br>л/га) (C <sub>2</sub> ) | D <sub>1</sub>                                                                                       | 0,878               | 4,218                              | 53,692            | 39,505                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                               | D <sub>2</sub>                                                                                       | 0,878               | 4,220                              | 53,698            | 39,505                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                               | D <sub>3</sub>                                                                                       | 0,878               | 4,216                              | 53,733            | 39,508                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                               | D <sub>4</sub>                                                                                       | 0,878               | 4,218                              | 53,769            | 39,509                         |
| Поліпшений (В <sub>2</sub> ):<br>(Діамофоска +1S<br>(144 кг/га під оранку)<br>+ ВВСН 00: Росаферт<br>15-15-15 (150 кг/га при<br>посіві); ВВСН 20: КАС-32<br>(189 л/га) + Тіосульфат<br>амонію (22 л/га)) (по<br>мерзлоталому ґрунту<br>весною)<br><br>Норма: N <sub>100</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> S <sub>30</sub> | C <sub>1</sub>                                                                                                | D <sub>1</sub>                                                                                       | 0,878               | 4,232                              | 54,123            | 39,621                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                               | D <sub>2</sub>                                                                                       | 0,877               | 4,235                              | 54,195            | 39,624                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                               | D <sub>3</sub>                                                                                       | 0,877               | 4,237                              | 54,217            | 39,625                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                               | D <sub>4</sub>                                                                                       | 0,877               | 4,239                              | 54,263            | 39,626                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | C <sub>2</sub>                                                                                                | D <sub>1</sub>                                                                                       | 0,877               | 4,237                              | 54,222            | 39,625                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                               | D <sub>2</sub>                                                                                       | 0,877               | 4,240                              | 54,298            | 39,627                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                               | D <sub>3</sub>                                                                                       | 0,877               | 4,242                              | 54,339            | 39,629                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                               | D <sub>4</sub>                                                                                       | 0,876               | 4,245                              | 54,419            | 39,632                         |

Примітка. Розраховано за використання Exel Rapeseed\_Biodiesel\_Full\_FA\_Profile на підставі структури жирнокислотного складу.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Pinzi S., Leiva D., Arzamendi G., Gandía L. M., Dorado M. P. Influence of nitrogen fertilization on biodiesel properties of rapeseed oil. *Fuel*. 2013. Vol. 104. P. 607–613. DOI: 10.1016/j.fuel.2012.06.072
- Spasibionek S., Borowski G., Toboła P. The influence of nitrogen and sulfur fertilization on oil quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Agriculture*. 2024. Vol. 14, № 8. Article 1232. DOI: 10.3390/agriculture14081232
- Mohammadi M., Amiri H., Bahrami H. Impact of nitrogen and sulfur applications on oil content and fatty acid composition of canola. *ACS Agricultural Science & Technology*. 2023. Vol. 3. P. 456–465. DOI: 10.1021/acscagritech.3c00188
- Wang X., Liu J., Zhang Y. Effects of nitrogen management on fatty acid composition in rapeseed oil. *Food Research International*. 2023. Vol. 165. Article 112345. DOI: 10.1016/j.foodres.2023.112345
- Li Q., Chen X., Zhang L. Transcriptomic analysis reveals nitrogen effect on seed oil content in *Brassica napus*. *Plants*. 2023. Vol. 12. Article 2150. DOI: 10.3390/plants12112150
- Kowalska M., Nowak A. Production and quality of biodiesel depending on fertilization systems. *Energies*. 2023. Vol. 16, № 9. Article 3728. DOI: 10.3390/en16093728
- Ahmadi S. A. K., Eyni-Nargeseh H. Foliar application of growth regulators mitigates harmful effects of drought stress and improves seed yield and oil quality of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Gesunde Pflanzen*. 2023. Vol. 75. № 6. P. 2449–2462. DOI: 10.1007/s10343-023-00907-3
- Liersch A., Bocianowski J., Bartkowiak-Broda I. Fatty acid and glucosinolate level in seeds of different types of winter oilseed rape cultivars (*Brassica napus* L.). *Communications in Biometry and Crop Science*. 2013. Vol. 8. P. 39–47.
- Kozłowska-Strawska J. Fat Content and Fatty Acid Composition in Oilseed Rape Grown in the Lubelski Region under Different Levels of Soil Sulphur Fertility. *Ecological Chemistry and Engineering*. A. 2012. Vol. 19. P. 191–201. DOI: 10.2428/ecea.2012.19(03)020
- Ahmad N., Khan M. A., Ali S. Influence of nitrogen nutrition on fatty acids in rapeseed. *Agronomy*. 2022. Vol. 12. Article 1456. DOI: 10.3390/agronomy12061456
- Scherer H. W. Sulphur in crop production – invited paper. *Frontiers in Plant Science*. 2019. Vol. 10. Article 123. DOI: 10.3389/fpls.2019.00123



12. Gacek K., Bayer P.E., Bartkowiak-Broda I., Szala L., Bocianowski J., Edwards D., Batley J. Genome-Wide Association Study of Genetic Control of Seed Fatty Acid Biosynthesis in *Brassica napus*. *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 7. 2062. DOI: 10.3389/fpls.2016.02062
13. Shoja T., Majidian M., Rabiee M. Effects of zinc, boron and sulfur on grain yield, activity of some antioxidant enzymes and fatty acid composition of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Acta agriculturae Slovenica*. 2018. Vol. 111. № 1. P. 73–84. DOI: 10.14720/aas.2018.111.1.08
14. Rajković D., Marjanović Jeromela A., Pezo L., Lončar B., Zanetti F., Monti A., Kondić Špika A. Yield and Quality Prediction of Winter Rapeseed–Artificial Neural Network and Random Forest Models. *Agronomy*. 2022. Vol. 12. 58. DOI: 10.3390/agronomy12010058
15. Zhou W. Application and development prospects of rapeseed oil in biodiesel production. *Journal of Energy Bioscience*. 2024. Vol. 15. № 2. P. 74–86. DOI: 10.5376/jeb.2024.15.0008
16. Omid H., Tahmasebi Z., Badi H.A.N., Torabi H., Miransari M. Fatty acid composition of canola (*Brassica napus* L.) as affected by agronomical, genotypic and environmental parameters. *Comptes Rendus Biologies*. 2010. Vol. 33. P. 248–254. DOI: 10.1016/j.crvi.2009.10.001
17. Chew S.C. Cold-pressed rapeseed (*Brassica napus*) oil: Chemistry and functionality. *Food Research International*. 2020. Vol. 131. 108997. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.108997
18. Каленська С. М., Новицька Н. В. Ріпак озимий: біологія, технологія вирощування, використання. Київ : Аграрна наука, 2019. 280 с.
19. Shilan H. S., Hama S. J. Effect of NPK and organic fertilizers on yield and seed oil content of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Iraqi journal of agricultural sciences*. 2022. Vol. 53. № 4. P. 878–889. DOI: 10.36103/ijas.v53i4.1600
20. Spasibionek S., Wielebski F., Liersch A., Walkowiak M. The Influence of Nitrogen and Sulfur Fertilization on Oil Quality and Seed Meal in Different Genotypes of Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L.). *Agriculture*. 2024. Vol. 14. № 8. 1232. DOI: 10.3390/agriculture14081232
21. Tanner A., Baranek M., Eastlack T., Butts B., Beazley M., Hampton M. Biodiesel Production Directly from Rapeseeds. *Water*. 2023. Vol. 15. 2595. DOI: 10.3390/w1514259
22. Rezki B., Essamlali Y., Aadil M., Semlal N., Zahouily M. Biodiesel production from rapeseed oil and low free fatty acid waste cooking oil using a cesium modified natural phosphate catalyst. *RSC Advances*. 2020. Vol. 10. № 67. P. 41065–41077. DOI: 10.1039/d0ra07711a
23. Hasannia S., Kazemeini M., Seif A. Optimizing parameters for enhanced rapeseed biodiesel production: A study on acidic and basic carbon-based catalysts through experimental and DFT evaluations. *Energy Conversion and Management*. 2024. Vol. 303. 118201. DOI: 10.1016/j.enconman.2024.118201
24. Насіння ріпаку для промислового перероблення. Технічні умови : ДСТУ 4966:2008. [Чинний від 2010-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2010. 8 с.
25. ДСТУ EN ISO 12966-4:2019 Жири тваринні і рослинні та олії. Газова хроматографія метилових ефірів жирних кислот. Частина 4. Визначення методом капілярної газової хроматографії. ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості». 2019. 17 с.
26. Tsytsiura Y. Evaluation of oilseed radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) oil as a potential component of biofuels. *Engenharia Agrícola*. 2023. Vol. 43. Special issue. e20220137. DOI: 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v43nere20220137/2023
27. ДСТУ EN 14214:2019. Автомобільне паливо. Метиллові ефіри жирних кислот (FAME) для дизельних двигунів. Вимоги та методи випробування (EN 14214:2012 + A2:2019, IDT). З наданням чинності від 2019-09-01. 2019. 27 с.
28. Nath U.K., Kim H.T., Khatun K., Park J.I., Kang K.K., Nou I.S. Modification of Fatty Acid Profiles of Rapeseed (*Brassica napus* L.) Oil for Using as Food, Industrial Feed-Stock and Biodiesel. *Plant Breeding and Biotechnology*. 2016. Vol. 4. P. 123–134. DOI: 10.9787/PBB.2016.4.2.123
29. Mahmudul H.M., Hagos F.Y., Mamat R., Adam A.A., Ishak W.F.W., Alenezi R. Production, characterization and performance of biodiesel as an alternative fuel in diesel engines a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017. Vol. 72. P. 497–509. DOI: 10.1016/j.rser.2017.01.001
30. Забарний Г.М., Кудря С.О., Кондратюк Т.Г., Четверик Г.О. Термодинамічна ефективність та ресурси рідкого біопалива України. Інститут відновлювальної енергетики НАНУ. Київ. 2006. 226 с.
31. Блюм Я.Б., Гелетуха Г.Г., Григорюк І.П. Біологічні ресурси і технології виробництва біопалива: Монографія. К.: «Аграр Медіа Груп», 2010. 292 с.
32. Цицюра Я.Г., Томчук О.М. Вміст олії у насінні ріпаку озимого залежно від застосованих мікроелементів у позакореневі підживлення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 2 (29). С. 5–17. DOI: 10.37128/2707-5826-2023-2-1.
33. Томчук О.М. Формування якості насіння ріпаку озимого залежно від комплексних варіантів його удобрення. *Аграрні інновації*. 2025. № 30. С. 151–161. DOI: 10.32848/agrar.innov.2025.30.22
34. Karmakar B., Halder G. Progress and future of biodiesel synthesis: Advancements in oil extraction and conversion technologies. *Energy Conversion and Management*. 2019. Vol. 182. P. 307–339. DOI: 10.1016/j.enconman.2018.12.066
35. Varényiová M., Ducsay L. Effect of increasing spring doses of nitrogen on yield and oil content in seeds of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Acta Fytotechnica and Zootechnica*. 2016. Vol. 19. P. 29–34. DOI: 10.15414/afz.2016.19.02.29-34

## REFERENCES:

1. Pinzi, S., Leiva, D., Arzamendi, G., Gandía, L. M., & Dorado, M. P. (2013). Influence of nitrogen fertilization on biodiesel properties of rapeseed oil. *Fuel*, 104, 607–613. DOI: 10.1016/j.fuel.2012.06.072
2. Spasibionek, S., Borowski, G., & Toboła, P. (2024). The influence of nitrogen and sulfur fertilization on oil quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Agriculture*, 14, 8, 1232. DOI: 10.3390/agriculture14081232

3. Mohammadi, M., Amiri, H., & Bahrami, H. (2023). Impact of nitrogen and sulfur applications on oil content and fatty acid composition of canola. *ACS Agricultural Science & Technology*. 3, 456–465. DOI: 10.1021/acsagcsctech.3c00188
4. Wang, X., Liu, J., & Zhang, Y. (2023). Effects of nitrogen management on fatty acid composition in rapeseed oil. *Food Research International*. 165, 112345. DOI: 10.1016/j.foodres.2023.112345
5. Li, Q., Chen, X., & Zhang, L. (2023). Transcriptomic analysis reveals nitrogen effect on seed oil content in *Brassica napus*. *Plants*. 12, 2150. DOI: 10.3390/plants12112150
6. Kowalska, M., & Nowak, A. (2023). Production and quality of biodiesel depending on fertilization systems. *Energies*. 16, 9, 3728. DOI: 10.3390/en16093728
7. Ahmadi, S.A.K., & Eyni-Nargeseh, H. (2023). Foliar application of growth regulators mitigates harmful effects of drought stress and improves seed yield and oil quality of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Gesunde Pflanzen*. 75, 6, 2449–2462. DOI: 10.1007/s10343-023-00907-3
8. Liersch, A., Bocianowski, J., & Bartkowiak-Broda, I. (2013). Fatty acid and glucosinolate level in seeds of different types of winter oilseed rape cultivars (*Brassica napus* L.). *Communications in Biometry and Crop Science*. 8, 39–47.
9. Kozłowska-Strawska, J. (2012). Fat Content and Fatty Acid Composition in Oilseed Rape Grown in the Lubelski Region under Different Levels of Soil Sulphur Fertility. *Ecological Chemistry and Engineering*. A. 19, 191–201. DOI: 10.2428/ecea.2012.19(03)020
10. Ahmad, N., Khan, M. A., & Ali, S. (2022). Influence of nitrogen nutrition on fatty acids in rapeseed. *Agronomy*. 12, 1456. DOI: 10.3390/agroNemy12061456
11. Scherer, H. W. (2019). Sulphur in crop production – invited paper. *Frontiers in Plant Science*. 10, 123. DOI: 10.3389/fpls.2019.00123 [in English].
12. Gacek, K., Bayer, P.E., Bartkowiak-Broda, I., Szala, L., Bocianowski, J., Edwards, D., & Batley, J. (2017). Genome-Wide Association Study of Genetic Control of Seed Fatty Acid Biosynthesis in *Brassica napus*. *Frontiers in Plant Science*. 7, 2062. DOI: 10.3389/fpls.2016.02062
13. Shoja, T., Majidian, M., & Rabiee, M. (2018). Effects of zinc, boron and sulfur on grain yield, activity of some antioxidant enzymes and fatty acid composition of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Acta agriculturae Slovenica*. 111, 1, 73–84. DOI: 10.14720/aas.2018.111.1.08
14. Rajković, D., Marjanović, Jeromela A., Pezo, L., Lončar, B., Zanetti, F., Monti, A., & Kondić Špika, A. (2022). Yield and Quality Prediction of Winter Rapeseed – Artificial Neural Network and Random Forest Models. *Agronomy*. 12, 58. DOI: 10.3390/agronomy12010058
15. Zhou, W. (2024). Application and development prospects of rapeseed oil in biodiesel production. *Journal of Energy Bioscience*. 15, 2, 74–86. DOI: 10.5376/jeb.2024.15.0008 [in English].
16. Omid, H., Tahmasebi, Z., Badi, H.A.N., Torabi, H., & Miransari, M. (2010). Fatty acid composition of canola (*Brassica napus* L.) as affected by agronomical, genotypic and environmental parameters. *Comptes Rendus Biologies*. 33, 248–254. DOI: 10.1016/j.crv.2009.10.001
17. Chew, S.C. (2020). Cold-pressed rapeseed (*Brassica napus*) oil: Chemistry and functionality. *Food Research International*. 131, 108997. DOI: 10.1016/j.foodres.2020.108997
18. Kalenska, S. M., & Novytska, N. V. (2019). Ripak ozymy: bioloheia, tekhnoloheia vyroshchuvannia, vykorystannia [Winter rapeseed: biology, cultivation technology, and use]. Kyiv: Aharna nauka, 280 s [in Ukrainian].
19. Shilan, H. S., & Hama, S. J. (2022). Effect of NPK and organic fertilizers on yield and seed oil content of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Iraqi journal of agricultural sciences*. 53, 4, 878–889. DOI: 10.36103/ijas.v53i4.1600
20. Spasibonek, S., Wielebski, F., Liersch, A., & Walkowiak, M. The Influence of Nitrogen and Sulfur Fertilization on Oil Quality and Seed Meal in Different Genotypes of Winter Oilseed Rape (*Brassica napus* L.). *Agriculture*. 14, 8, 1232. DOI: 10.3390/agriculture14081232
21. Tanner, A., Baranek, M., Eastlack, T., Butts, B., Beazley, M., & Hampton, M. (2023). Biodiesel Production Directly from Rapeseeds. *Water*. 15, 2595. DOI: 10.3390/w1514259
22. Rezki, B., Essamlali, Y., Aadil, M., Semlal, N., & Zahouily, M. (2020). Biodiesel production from rapeseed oil and low free fatty acid waste cooking oil using a cesium modified natural phosphate catalyst. *RSC Advances*. 10, 67, 41065–41077. DOI: 10.1039/d0ra07711a
23. Hasannia, S., Kazemeini, M., & Seif, A. (2024). Optimizing parameters for enhanced rapeseed biodiesel production: A study on acidic and basic carbon-based catalysts through experimental and DFT evaluations. *Energy Conversion and Management*. 303, 118201. DOI: 10.1016/j.enconman.2024.118201
24. Nasinnia ripaku dlia promyslovoho pereroblennia. Tekhnichni umovy [Rapeseed for industrial processing. Technical specifications]: DSTU 4966:2008. (2010). [Chynnyi vid 2010-07-01]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. 8 s [in Ukrainian].
25. DSTU EN ISO 12966-4:2019 (2019). Zhyry tvarynni i roslynni ta olii. Hazova khromatohrafiia metylovykh efiriv zhyrnykh kyslot. Chastyna 4. Vyznachennia metodom kapilarnoi hazovoi khromatohrafi. [Animal and vegetable fats and oils. Gas chromatography of fatty acid methyl esters. Part 4. Determination by capillary gas chromatography]. DP "Ukrainskyi naukovo-doslidnyi i navchalniy tsentr problem standartyzatsii, sertyfikatsii ta yakosti". 17 s [in Ukrainian].
26. Tsytysura, Y. (2023). Evaluation of oilseed radish (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) oil as a potential component of biofuels. *Engenharia Agrícola*. 43, Special issue, e20220137. DOI: 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v43nepe20220137/2023
27. DSTU EN 14214:2019. (2019). Avtomobilne palyvo. Metylovi efiry zhyrnykh kyslot (FAME) dlia dyzelnykh dvyhuniv. Vymohy ta metody vyprovuvannia [Automotive fuels. Fatty acid methyl esters (FAME) for diesel engines. Requirements and test methods] (EN 14214:2012 + A2:2019, IDT). Z nadanniam chynnosti vid 2019-09-01. 27 s [in Ukrainian].
28. Nath, U.K., Kim, H.T., Khatun, K., Park, J.I., Kang, K.K., & Nou, I.S. (2016). Modification of Fatty Acid Profiles of Rapeseed (*Brassica napus* L.) Oil for Using as Food, Industrial Feed-Stock and Biodiesel. *Plant Breeding and Biotechnology*. 4, 123–134. DOI: 10.9787/PBB.2016.4.2.123

29. Mahmudul, H.M., Hagos, F.Y., Mamat, R., Adam, A.A., Ishak, W.F.W., & Alenezi, R. (2017). Production, characterization and performance of biodiesel as an alternative fuel in diesel engines a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 72, 497–509. DOI: 10.1016/j.rser.2017.01.001
30. Zabarnyi, H. M., Kudria, S. O., Kondratiuk, T. H., & Chetveryk, H. O. (2006). Termodynamichna efektyvnist ta resursy ridkoho biopalyva Ukrainy [*Thermodynamic efficiency and resources of liquid biofuels in Ukraine*]. Instytut vidnovliuvanoi enerhetyky NANU. Kyiv. 226 s [in Ukrainian].
31. Blium, Ya. B., Heletukha, H. H., & Hryhoriuk, I. P. (2010). Biologichni resursy i tekhnologii vyrobnytstva biopalyva: monohrafiia [*Biological resources and technologies of biofuel production: monograph*]. Kyiv: "Ahrar Media Hrup". 292 s [in Ukrainian].
32. Tsytsiura, Ya. H., & Tomchuk, O. M. (2023). Vmist olii u nasinni ripaku ozymoho zalezno vid zastosovanykh mikroelementiv u pozakorenevi pidzhyvlennia [*Oil content in winter rapeseed seeds depending on applied micronutrients in foliar feeding*]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo*. 2 (29), 5–17. DOI: 10.37128/2707-5826-2023-2-1 [in Ukrainian].
33. Tomchuk, O. M. (2025). Formuvannia yakosti nasinnia ripaku ozymoho zalezno vid kompleksnykh variantiv yoho udobrennia [*Formation of winter rapeseed seed quality depending on complex fertilization variants*]. *Ahrarni innovatsii*. 30, 151–161. DOI: 10.32848/agrar.innov.2025.30.22 [in Ukrainian].
34. Karmakar, B., & Halder, G. (2019). Progress and future of biodiesel synthesis: Advancements in oil extraction and conversion technologies. *Energy Conversion and Management*. 182, 307–339. DOI: 10.1016/j.enconman.2018.12.066
35. Varényiová, M., & Ducsay, L. (2016). Effect of increasing spring doses of nitrogen on yield and oil content in seeds of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Acta Fytotechnica and Zootechnica*. 19, 29–34. DOI: 10.15414/afz.2016.19.02.29-34

**Цицюра Я.Г., Томчук О.М. Вплив системи удобрення гібридів ріпаку озимого на якість отриманої олії з насіння за критеріями біопаливного її використання.**

**Метою** досліджень було встановити ефективність та доцільність оптимізованого варіанту удобрення гібридів ріпаку на формування якісних показників олії з насіння вирощуваних гібридів з огляду на критерії її біопаливного використання.

**Методи.** Дослідження було проведено впродовж 2022–2025 років на базі ТОВ «ВІН-АГРО ГРУП» на сірих лісових ґрунтах з середнім потенціалом родючості. Повторність у досліді чотирьохразова. Розміщення варіантів – систематичне у два яруси. Досліджували два гібриди ріпаку озимого – середньостиглий Абсолют та середньоранній Домінатор. Програма досліджень передбачала вивчення двох варіантів основного блоку удобрення: базовий та поліпшений, які різняться комбінацією форм діючої речовини (амідна в базовому варіанті та амідна, нітратна і амонійна з внесенням сірки в поліпшеному) добрив їх розподілом за дозуванням в осінній та весняний період вегетації ріпаку озимого, використання рістрегуляції (Карамба Турбо + Букат) та варіантів позакоренових підживлень у фазі початку

стеблуння та цвітіння за використання мікродобрив Розалік (В) та Розасоль 18-18-18 у комбінації з ад'ювантом. Контролем у варіантах ріст регуляції та позакоренових підживлень був варіантам обробки водою. Програма обліку та спостережень передбачала застосування широкоапробованих методик у модифікаціях рекомендованих для хрестоцвітних видів рослин.

**Результати.** Встановлено вплив факторів поставлених на вивчення на структуру жирнокислотного профілю насіння в обох гібридів. У співставленні крайніх технологічних варіантів досліду – поліпшеного блоку основного удобрення у поєднанні із рістрегуляцією та двома позакореновими підживленнями та базового блоку основного удобрення без рістрегуляції та підживлень – для гібриду Домінатор ідентифіковано зростання в абсолютному виразі вмісту жирних кислот пальмітинової (С 16:0) на 0,125%, стеаринової (С 18:0) на 0,051%, олеїнової (С 18:0) на 1,311%, арахінової (С 20:0) на 0,045% та ейкозенової (С 20:1) на 0,124% за зниження вмісту пальмітолеїнової (С 16:1) на 0,05%, лінолевої (С 18:2) на 0,61% та ліноленової (С 18:3) кислот на 1,0%. Для гібриду Абсолют відмічено зростання стеаринової (С 18:0) на 0,066%, олеїнової (С 18:0) на 1,900%, арахінової (С 20:0) на 0,083% та ейкозенової (С 20:1) на 0,021% за зниження – пальмітинової (С 16:0) на 0,154%, пальмітолеїнової (С 16:1) на 0,063%, лінолевої (С 18:2) на 0,44% та ліноленової (С 18:3) на 1,43%.

При порівнянні варіантів з рістрегуляцією і двома позакореновими підживленнями на фоні поліпшеного блоку основного удобрення до варіанту основного блоку удобрення за відсутності рістрегуляції та позакоренових підживлень у гібридів відмічено: зростання частки насичених жирних кислот на 0,37%, мононенасичених жирних кислот на 2,0%, зниження частки поліненасичених жирних кислот на 2,4% за зростання у відносному виразі коефіцієнтів: десатурації лінолевої кислоти на 9,3%, співвідношення полінасичених та мононасичених жирних кислот на 12,7%, загальної десатурації на 9,6%. Це додатково забезпечило залежно від гібриду ріст у біопалива з олії цетанового числа на 0,761–0,803 одиниць, зниження кінематичної в'язкості на 0,033 мм<sup>2</sup>/с – 0,045 мм<sup>2</sup>/с та зростання показника теплоти згорання на 0,126–0,132 Мдж/кг.

**Висновки.** Ідентифіковано поліпшення якості ріпкової олії як потенційної біопаливної сировини у варіанті максимального поєднання чинників оптимізації технології вирощування гібридів ріпаку озимого (на фоні поліпшеного блоку основного удобрення за використання рістрегуляції та двох позакоренових підживлень).

**Ключові слова:** біопаливо, жирнокислотний склад олії, біопаливні технологічні параметри олії, якість біопалива, удобрення.

**Tsitsyura Ya.H., Tomchuk O.M. Influence of the fertilization system of winter rapeseed hybrids on the quality of oil obtained from seeds in terms of its suitability for biofuel use.**

The aim of the research was to determine the effectiveness and feasibility of an optimized fertilization system for rapeseed hybrids in forming quality indicators of oil from seeds of cultivated hybrids, taking into account the criteria of its use as a biofuel.

**Methods.** The research was conducted during 2022–2025 on the basis of LLC "VIN-AGRO GROUP" on gray forest soils with medium fertility potential. The experiment was replicated four times. The treatments were

arranged systematically in two tiers. Two winter rapeseed hybrids were studied: mid-season 'Absolut' and medium-early 'Dominador'. The research program included two variants of the main fertilization block: a basic and an improved one, which differed in the combination of active substance forms (amide form in the basic variant and amide, nitrate, and ammonium forms with sulfur application in the improved variant), their distribution in terms of autumn and spring application rates during the growing season of winter rapeseed, the use of growth regulators (Caramba Turbo + Bucat), and foliar feeding options at the stages of stem elongation and flowering using microfertilizers Rosalique (B) and Rosasol 18-18-18 in combination with an adjuvant. Water-treated variants served as the control for growth regulator and foliar feeding treatments. The program of observations and measurements used widely tested methodologies modified for cruciferous crops.

**Results.** The influence of the studied factors on the fatty acid profile of seeds in both hybrids was established. When comparing the extreme technological variants of the experiment – an improved fertilization block combined with growth regulation and two foliar feedings versus a basic fertilization block without growth regulation and foliar applications – for the 'Dominador' hybrid an increase in the absolute content of fatty acids was identified: palmitic acid (C16:0) by 0.125%, stearic acid (C18:0) by 0.051%, oleic acid (C18:0) by 1.311%, arachidic acid (C20:0) by 0.045%, and eicosenoic acid (C20:1) by 0.124%, along with a decrease in palmitoleic acid (C16:1) by 0.05%, linoleic acid (C18:2) by 0.61%, and linolenic acid (C18:3) by 1.0%.

For the 'Absolut' hybrid, an increase was observed in stearic acid (C18:0) by 0.066%, oleic acid (C18:0) by 1.900%, arachidic acid (C20:0) by 0.083%, and eicosenoic acid (C20:1) by 0.021%, while decreases were recorded for palmitic acid (C16:0) by 0.154%, palmitoleic acid (C16:1) by 0.063%, linoleic acid (C18:2) by 0.44%, and linolenic acid (C18:3) by 1.43%.

When comparing variants with growth regulation and two foliar feedings on the background of the improved fertilization block to the basic fertilization block without these treatments, the following changes were observed in both hybrids: an increase in the share of saturated fatty acids by 0.37%, monounsaturated fatty acids by 2.0%, and a decrease in polyunsaturated fatty acids by 2.4%, along with increases in the relative values of indices: linoleic acid desaturation coefficient by 9.3%, polyunsaturated to monounsaturated fatty acid ratio by 12.7%, and overall desaturation by 9.6%.

This additionally ensured, depending on the hybrid, an increase in biodiesel quality parameters derived from oil: cetane number by 0.761–0.803 units, a decrease in kinematic viscosity by 0.033–0.045 mm<sup>2</sup>/s, and an increase in calorific value by 0.126–0.132 MJ/kg.

**Conclusions.** An improvement in the quality of rapeseed oil as a potential biofuel feedstock was identified under the maximum combination of optimized winter rapeseed cultivation technologies (improved fertilization system combined with growth regulation and two foliar feedings).

**Key words:** biofuel, fatty acid composition of oil, biofuel technological parameters of oil, biofuel quality, fertilization.

Дата першого надходження статті до видання: 29.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## АДАПТИВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ НАСІННЯ ГОРОХУ ЗА ПОШИРЕННЯ КОМПЛЕКСУ ШКІДЛИВИХ ОРГАНІЗМІВ У ПОСУШЛИВИХ УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

**ЮРКЕВИЧ Є.О.** – доктор сільськогосподарських наук, професор  
[orcid.org/0000-0002-8868-5256](https://orcid.org/0000-0002-8868-5256)

Одеський державний аграрний університет

**ДРОБІТ О.С.** – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник  
[orcid.org/0000-0002-3633-5828](https://orcid.org/0000-0002-3633-5828)

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України, Одеський державний аграрний університет

**ВАЛЕНТЮК Н.О.** – кандидат технічних наук, старший дослідник  
[orcid.org/0000-0003-4763-3019](https://orcid.org/0000-0003-4763-3019)

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України

**ГАЙДАШ О.Л.** – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник  
[orcid.org/0000-0001-6736-0367](https://orcid.org/0000-0001-6736-0367)

Державна установа Інститут зернових культур

Національної академії аграрних наук України

**Постановка проблеми.** Горох посівний (*Pisum sativum* L.) за своїми біологічними та господарськими властивостями є фундаментальною багатфункціональною культурою в сучасному землеробстві. Як провідна бобова культура, він виступає незамінним джерелом високоякісного рослинного білка, відіграючи ключову роль у забезпеченні продовольчої та кормової безпеки. В агротехнічному аспекті горох є одним із найкращих попередників у сівозміні, особливо для озимої пшениці та інших зернових культур. Завдяки здатності до активної симбіотичної азотфіксації, він збагачує ґрунт біологічним азотом, покращує його структурно-агрегатний стан та фітосанітарний фон. Це дозволяє не лише підвищити врожайність наступних культур, а й значно знизити техногенне навантаження на агро-екосистеми за рахунок скорочення норм мінеральних добрив [1, 2].

В умовах зростаючої посушливості півдня України горох демонструє високу адаптивність, проте кліматичні зміни та поширення грибкових хвороб обмежують його продуктивність. Температурні коливання роблять рослини вразливими до патогенів, що спричиняє руйнування листового апарату та зниження якості насіння. За таких обставин традиційні методи агротехніки вже не здатні повною мірою забезпечити стабільність врожаю, що зумовлює гостру необхідність інтеграції у технологічний процес високоєфективних засобів захисту. Застосування сучасних препаратів фунгіцидної дії у цьому контексті виступає не лише як інструмент боротьби з патогенами, а як стратегічний фактор стабілізації фізіологічних процесів та максимальної реалізації біологічного потенціалу гороху в жорстких екологічних умовах регіону [3, 4].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз вітчизняного та світового досвіду виробництва рослинного протеїну свідчить про високу перспективність гороху посівного, у насінні якого вміст білка становить 22–26 % на суху речовину. Завдяки збалансованому амінокислотному складу та високій засвоюваності, він є одним із ключових джерел рослинного білка, що за біологічною цінністю наближається до еталонних показників [3, 5, 6].

Глобальні кліматичні зміни та дефіцит вологи на півдні України створюють екстремальні умови для вирощування гороху: спека скорочує вегетацію, спричиняє стерильність пилку та погіршує якість зерна. За таких обставин оптимізація строків сівби стає ключовим інструментом адаптації. Правильний час висіву дозволяє культурі максимально використати весняну вологу та уникнути температурного стресу під час цвітіння [7, 8].

Окрім термічного стресу, серйозною загрозою стає нестабільність погоди: різкі коливання між посухою та раптовими зливами створюють ідеальне середовище для розвитку хвороб, таких як аскохітоз, борошниста роса та кореневі гнилі. Це зумовлює гостру необхідність системного застосування фунгіцидів, оскільки без надійного хімічного захисту ослаблені кліматом рослини швидко уражуються грибковими патогенами, що може призвести до повної втрати врожаю. Відтак, сучасна технологія вирощування гороху в південних регіонах вимагає не лише використання озимих чи посухостійких сортів та чіткого дотримання строків сівби, а й обов'язкового включення фунгіцидних обробок у програму захисту для збереження здоров'я посівів та забезпечення стабільної продуктивності [2, 4, 9].



Таким чином, актуальність дослідження зумовлена нагальною потребою у науковому обґрунтуванні оптимальних параметрів строків сівби та систем фунгіцидного захисту, що дозволять нівелювати негативний вплив гідротермічного стресу, забезпечити високу реалізацію біологічного потенціалу сучасних сортів гороху та стабілізувати врожайність культури в умовах глобальних змін клімату.

**Мета** роботи полягала в науковому обґрунтуванні оптимальних строків сівби та схем фунгіцидного захисту як чинників підвищення насінневої продуктивності гороху посівного в посушливих умовах півдня України.

**Матеріали та методика досліджень.** Експериментальні дослідження щодо формування насінневої продуктивності гороху посівного проводили протягом 2023–2025 рр. на базі ТОВ «Айсберг» (с. Гребеники Роздільнянського району Одеської області). Господарство спеціалізується на вирощуванні зернових, зернобобових та технічних культур, де ключовими об'єктами виробничої структури є пшениця озима, соняшник та горох посівний. Землекористування підприємства характеризується домінуванням чорноземів звичайних у середньо- та малогумусних відмінах. Зазначені типи ґрунтів є репрезентативними для північної частини степової зони та мають відповідний фізико-хімічний профіль для вирощування зернобобових культур.

Аналіз метеорологічних умов років проведення досліджень (2023–2025 рр.) свідчить про значну мінливість гідротермічних показників, що безпосередньо впливало на розвиток гороху посівного. Вегетаційний період 2023 року відзначався помірно вологим початком, що сприяло отриманню дружніх сходів, проте фаза наливу зерна проходила в умовах дефіциту вологи. Температурний режим залишався близьким до середньобогаторічних значень із різким зростанням теплової напруженості у червні, а кількість опадів становила 85–90 % від норми. 2024 рік характеризувався складними погодними умовами: рання та посушлива весна призвела до критичного дефіциту вологи саме у фазі цвітіння. Аномально спекотний травень і червень на тлі зниження кількості опадів до 60–70 % від норми створили умови жорсткого термічного стресу для рослин. 2025 рік відзначився нестійким температурним фоном із різкими коливаннями у весняний період. Опади мали нерівномірний характер (75–85 % від норми), а часті суховії у червні посилювали ризики передчасного припинення вегетації.

Закладання польових дослідів, проведення супутніх спостережень, обліків та відбір рослинних зразків здійснювали відповідно до загальноприйнятих методик дослідної справи у рослинництві [10, 11]. Методика досліджень базувалася на використанні методу розщеплених ділянок з рендомізованим порядком їх розміщення. Вивченню підлягали три строки сівби (від II декади березня до I декади квітня) та п'ять варіантів фунгіцидного захисту. Хімічний захист рослин забезпечували шляхом внесення фунгіцидів з нормою витрати 0,5–0,6 л/га на основі таких діючих речовин: трифлуксистробін + протіконазол, флутріафол + карбендазим, ципроконазол + азоксистробін, а також азоксистробін у чистому вигляді.

Протягом всього періоду проведення досліджень здійснювали систематичний фітосанітарний моніторинг посівів із проведенням обліків інтенсивності розвитку грибкових хвороб у ключові етапи органогенезу: фази сходів, бутонізації, цвітіння, формування бобів та повного дозрівання. У ході досліджень було ідентифіковано ураження рослин гороху такими патогенами, як аскохітоз, фузаріоз, пероноспороз та антракноз.

**Результати досліджень.** Встановлено покращення індивідуальної продуктивності рослин гороху за використання різних строків сівби та застосування препаратів фунгіцидної дії (табл. 1).

Аналіз показників структури врожаю гороху за період 2023–2025 рр. свідчить про суттєвий вплив строків сівби та систем фунгіцидного захисту на продуктивність культури. Найбільш сприятливим періодом для сівби виявилася третя декада березня, оскільки саме в цей час фіксуються максимальні значення за всіма ключовими параметрами. Зокрема, у цей період кількість бобів на рослині сягає 6,34 шт., а маса тисячі насінин становить рекордні 278,12 г при застосуванні найбільш ефективної схеми захисту. Друга декада березня також демонструє високі результати, проте вони дещо поступаються оптимальному терміну.

Найгірші показники спостерігаються при пізній сівбі у першій декаді квітня, де маса тисячі насінин падає до мінімальних 214,73 г на контрольних ділянках, що підтверджує критичну важливість дотримання ранніх термінів посіву для формування виповненого зерна. Щодо впливу хімічного захисту, то застосування фунгіцидів у всіх випадках забезпечує математично достовірний приріст урожайності порівняно з варіантами без обробки. Найвищу біологічну та господарську ефективність продемонструвала комбінація діючих речовин трифлуксистробін та протіконазол у нормі 0,5 л/га.

Цей препарат стабільно забезпечує найкращу масу насіння з однієї рослини (до 4,28 г) та найбільшу озерненість бобів. Варіант із використанням флутріафолу та карбендазиму (0,6 л/га) посідає друге місце за ефективністю, також демонструючи високу здатність зберігати потенціал врожаю. Використання азоксистробіну як у чистому вигляді, так і в поєднанні з ципроконазолом, дає позитивний ефект, проте поступається за показником маси тисячі насінин попереднім схемам.

Аналіз даних за трирічний період (2023–2025 рр.) виявив щільну кореляцію між урожайністю насіння гороху та синергією строків сівби (фактор А) й фунгіцидних обробок (фактор В) (рис. 1).

З'ясовано, що саме взаємовплив цих факторів є визначальним у формуванні продуктивності культури. На рисунку показано вплив різних фунгіцидних обробок на урожайність культури у три строки застосування – у II та III декадах березня і в I декаді квітня. Загалом простежується чітка тенденція підвищення урожайності у всіх варіантах із застосуванням препаратів порівняно з контролем без обробки, де показники залишаються найнижчими і коливаються в межах 1,78–1,89 т/га. Найвищу ефективність продемонстрував варіант із застосуванням трифлуксистробіну у поєднанні з протіконазолом (0,5 л/га), де урожайність досягає

Таблиця 1

Показники структури гороху залежно від строків сівби та застосування фунгіцидів, т/га  
(середнє за 2023–2025 рр.)

| Фактор А,<br>строк сівби      | Фактор В, фунгіцид                         | Кількість бобів,<br>шт./рослину | Кількість<br>насінин у бобі,<br>шт. | Маса насіння,<br>г/рослину | Маса 1000<br>насінин, г |
|-------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| II декада<br>березня          | контроль (без обробки)                     | 5,14                            | 4,17                                | 2,98                       | 235,08                  |
|                               | трифлуксисробін + протіоконазол (0,5 л/га) | 6,07                            | 4,54                                | 4,15                       | 264,87                  |
|                               | флутріафол + карбендазим (0,6 л/га)        | 5,98                            | 4,48                                | 4,10                       | 253,40                  |
|                               | ципроконазол + азоксисробін (0,5 л/га)     | 5,89                            | 4,33                                | 3,82                       | 238,64                  |
|                               | азоксисробін (0,6 л/га)                    | 5,92                            | 4,39                                | 3,99                       | 241,29                  |
| III декада<br>березня         | контроль (без обробки)                     | 5,21                            | 4,28                                | 3,07                       | 246,83                  |
|                               | трифлуксисробін + протіоконазол (0,5 л/га) | 6,34                            | 4,62                                | 4,28                       | 278,12                  |
|                               | флутріафол + карбендазим (0,6 л/га)        | 6,25                            | 4,54                                | 4,21                       | 267,03                  |
|                               | ципроконазол + азоксисробін (0,5 л/га)     | 6,13                            | 4,42                                | 4,12                       | 251,90                  |
|                               | азоксисробін (0,6 л/га)                    | 6,18                            | 4,49                                | 4,17                       | 255,87                  |
| I декада квітня               | контроль (без обробки)                     | 5,02                            | 4,05                                | 2,74                       | 214,73                  |
|                               | трифлуксисробін + протіоконазол (0,5 л/га) | 5,78                            | 4,43                                | 3,97                       | 241,09                  |
|                               | флутріафол + карбендазим (0,6 л/га)        | 5,67                            | 4,37                                | 3,93                       | 228,62                  |
|                               | ципроконазол + азоксисробін (0,5 л/га)     | 5,59                            | 4,26                                | 3,86                       | 216,95                  |
|                               | азоксисробін (0,6 л/га)                    | 5,63                            | 4,31                                | 3,89                       | 219,34                  |
| H <sub>IP</sub> <sub>05</sub> | за фактором А                              | 0,52                            | 0,34                                | 0,28                       | 0,51                    |
|                               | за фактором В                              | 0,45                            | 0,23                                | 0,21                       | 0,59                    |

максимуму 2,64 т/га у III декаді березня, а в інші строки також залишається на високому рівні. Інші комбінації препаратів, зокрема флутріафол із карбендазимою та поєднання ципроконазолу з азоксисробіном, забезпечують стабільно підвищені, але дещо нижчі показники врожайності. Застосування лише азоксисробіну також демонструє позитивний ефект, хоча поступається кращим комбінованим варіантам.

Дисперсійним аналізом встановлено ступінь впливу досліджуваних чинників на формування насінневої продуктивності гороху посівного (рис. 2).

Встановлено, що визначальну роль у варіабельності даного показника відіграє фактор В (фунгіцид), частка впливу якого склала 52,3 %, що підтверджує критичну важливість хімічного захисту в умовах півдня України. Фактор А (строк сівби) також мав істотне значення, зумовлюючи 28,7 % мінливості ознаки, тоді як на взаємодію факторів (AB) припало 14,1 %. Низький показник залишкового впливу, який становив лише 4,9 %, свідчить про високу точність проведеного експерименту та репрезентативність обраних факторів дослідження. У динаміці строків внесення видно, що найвищі результати для більшості варіантів припадають на III декаду березня, тоді як у I декаді квітня

спостерігається певне зниження урожайності, хоча вона все одно перевищує контроль. Таким чином, використання фунгіцидів є доцільним для підвищення продуктивності, а оптимальним строком їх внесення є друга половина березня, особливо із застосуванням комбінованих препаратів.

**Висновки.** Дослідження структури врожаю гороху за 2023–2025 рр. підтвердили, що строки сівби та вибір фунгіцидного захисту є визначальними для його продуктивності. Встановлено, що оптимальним є висів у третій декаді березня: за умови ефективного захисту це забезпечує найвищі показники, зокрема формування 6,34 бобів на рослині та рекордну масу 1000 насінин – 278,12 г. Оптимізація захисту рослин фунгіцидом трифлуксисробін + протіоконазол (0,5 л/га) дозволила збільшити збір зерна на 32,0–42,7 %. Встановлено синергію факторів захисту та строків сівби: пік урожайності (2,56 т/га) зафіксовано за сівби в третій декаді березня, тоді як ранні або пізні терміни призводили до втрат продуктивності.

Встановлено, що застосування сучасних фунгіцидів у поєднанні з оптимальними строками обробки ефективно стабілізує врожайність та підвищує якість насіння гороху в посушливих умовах півдня України.

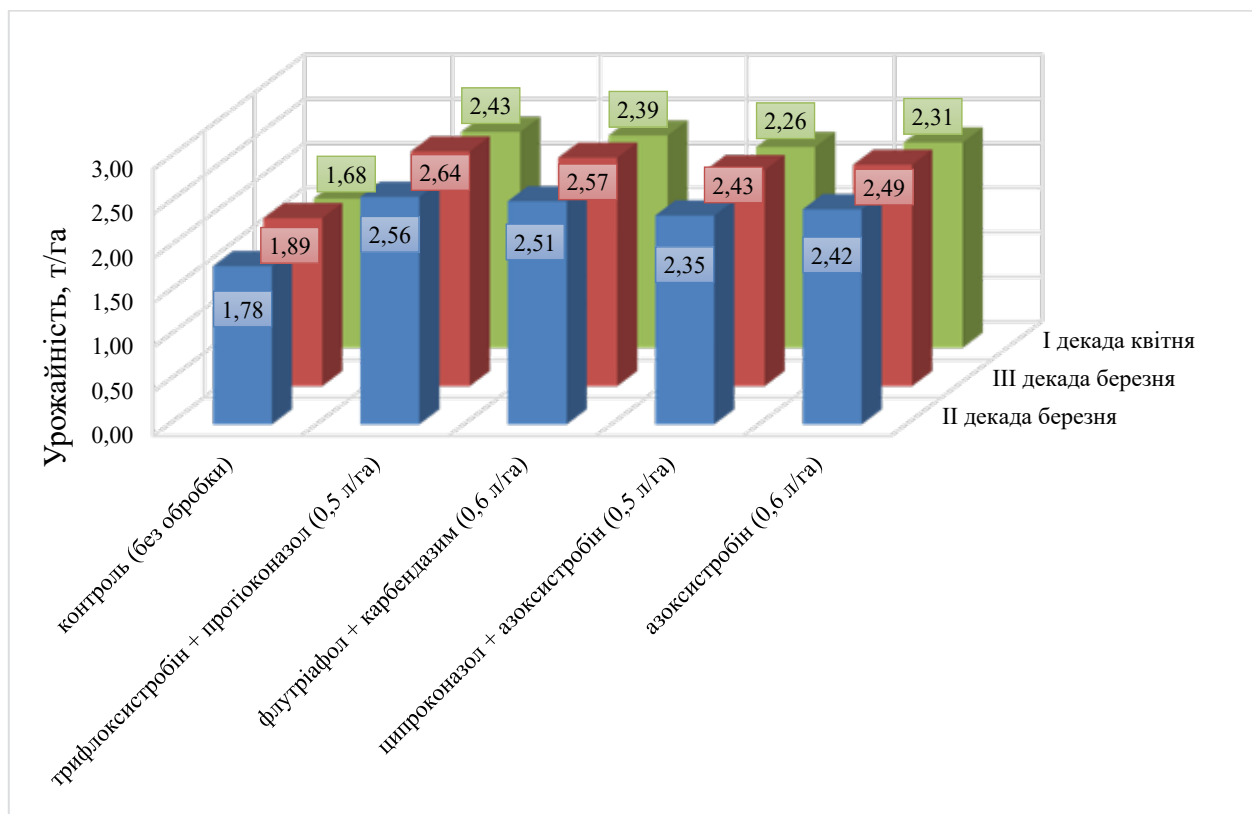


Рис. 1. Урожайність насіння гороху залежно від строків сівби та обробки препаратами фунгіцидної дії (середнє за 2023–2025 рр.)

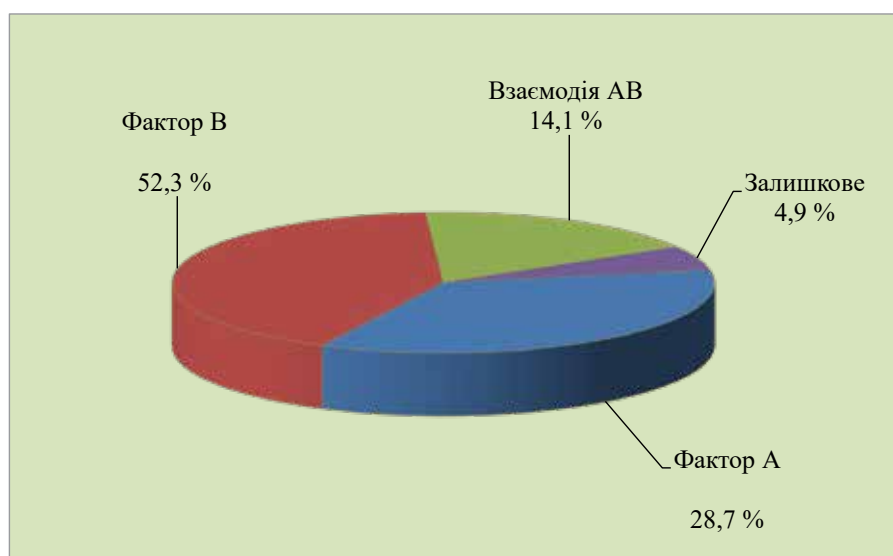


Рис. 2. Частка впливу факторів дослідів на врожайність насіння гороху (середнє за 2023–2025 рр.)

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Аверчев О. В., Нікітенко М. П., Литвиненко О. І. Адаптивний потенціал гороху зимуючого в контексті біологічних особливостей та технологій вирощування. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2025. Вип. 144. С. 3–12. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.1>
2. Шкатула Ю. М., Ящук Т. О. Система агротехнічного захисту агроценозів гороху від бур'янів. *Аграрні інновації*. 2024. № 25. С. 17–29. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.25.17-29>



- agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/article/view/637/653
- Ramdani A., Ibriz H., Essahat A. Thiamethoxam seed treatment controls Pea Leaf Weevil (*Sitona lineatus* (L.)) on faba bean in Morocco. *African and Mediterranean Agricultural Journal*. 2022. № 135. С. 179–191.
  - Трибель С. О., Сігарьова Д. Д., Секун М. П., Іващенко О. О. Методологія і практика захисту рослин. Київ : Світ, 2001. 384 с.
  - Влашук А. М., Колпакова О. С., Влашук О. А., Копилов С. О., Галілюк В. В. Розробка елементів технології вирощування буркуну білого однорічного в умовах Південного Степу України. *Зрошуване землеробство*. Херсон, 2017. Вип. 68. С. 69–73.
  - Цицюра Я. Г., Шкатула Ю. М., Забарна Т. А., Пелех Л. В. Інноваційні підходи до фіторе mediaції та фіторекультиваци у сучасних системах землеробства: монографія. Вінниця: ТОВ «Друк», 2022. 1200 с.
  - Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів : Українські технології, 2019. 806 с.
  - Влашук А. М., Дробіт О. С., Шапарь Л. В., Коблай О. О., Шабля О. С. Сучасні тенденції вирощування бобових кормових культур на півдні України за умов зміни клімату. *Вісник Аграрної науки*. Київ, 2024. № 4 (853). С. 60–67. [https://agrovisnyk.com/pdf/ua\\_2024\\_04\\_09.pdf](https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2024_04_09.pdf)
  - Лавриненко Ю. О., Влашук А. М., Дробіт О. С., Влашук О. А. Насіннєва продуктивність буркуну однорічного залежно від способів сівби та удобрення. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. Львів-Оброшине, 2020. Вип. 67. Ч. 2. С. 139–151.
  - Методика польового досліду (зрошуване землеробство) / Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковихін С. В. Херсон: Гринь Д.С., 2014. 448 с.
  - Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. О. та ін. Загальне землеробство. Київ : Вища освіта, 2004. 336 с.
  - Vlashchuk, A. M., Kolpakova, O. S., Vlashchuk, O. A., Kopylov, S. O., & Haliliuk, V.V. (2017). Rozrobka elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia burkunu biloho odnorichnoho v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [The development of elements of the technology of growing white sweet clover in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Zroshuvane zemlerobstvo*, 68, 69–73 [in Ukrainian].
  - Tsytsiura, Ya. H., Shkatula, Yu. M., Zabarna, T. A., & Pelekh, L. V. (2022). *Innovatsiini pidkhody do fitoremediatsii ta fitorekultyvatsii u suchasnykh systemakh zemlerobstva* [Innovative approaches to phytoremediation and phytorecultivation in modern agricultural systems]. Vinnytsia: LLC "Druk", 1200 [in Ukrainian].
  - Petrychenko, V. F., & Lykhochvor, V. V. (2019). *Roslynnystvo. Novi tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur* [Plant growing. New technologies of crops cultivation]. Lviv: Ukrainski tekhnolohii, 806 [in Ukrainian].
  - Vlashchuk, A. M., Drobbit, O. S., Shapar, L. V., Koblai, O. O., & Shablia, O. S. (2024). Suchasni tendentsii vyroshchuvannia bobovykh kormovykh kultur na pivdni Ukrainy za umov zminy klimatu [Current trends in the cultivation of leguminous fodder crops in the south of Ukraine under the conditions of climate change]. *Visnyk Ahrarnoi nauky*, 4(853), 60–67. [https://agrovisnyk.com/pdf/ua\\_2024\\_04\\_09.pdf](https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2024_04_09.pdf) [in Ukrainian].
  - Lavrynenko, Yu. O., Vlashchuk, A. M., Drobbit, O. S., & Vlashchuk, O. A. (2020). Nasinnieva produktyvnist burkunu odnorichnoho zalezno vid sposobiv sivy ta udobrennia [The seed productivity of the white sweet clover depends on the methods of sowing and fertilization]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*, 67(2), 139–151. [in Ukrainian].
  - Ushkarenko, V. O., Vozhehova, R. A., Holoborodko, S. P., & Kokovikhin, S. V. (2014). *Metodyka polovoho doslidu (zroshuvane zemlerobstvo)* [Field experiment methodology (irrigated agriculture)]. Kherson: Hrin D.S., 448 [in Ukrainian].
  - Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., & Opryshko, V. O. (2004). *Zahalne zemlerobstvo* [General agriculture]. Kyiv: Vyshcha osvita, 336 [in Ukrainian].

## REFERENCES:

- Averchev, O. V., Nikitenko, M. P., & Lytvynenko, O. I. (2025). Adaptivnyi potentsial horokhu zymuiuchoho v konteksti biolohichnykh osoblyvostei ta tekhnolohii vyroshchuvannia [Adaptive potential of winter pea in the context of biological features and cultivation technologies]. Kherson, *Tavriyskyi naukovyi visnyk. Seriya: Silskohospodarski nauky*, 144, 3–12. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.144.1> [in Ukrainian].
- Shkatula, Yu. M., & Yashchuk, T. O. (2024). Systema ahrotekhnichnoho zakhystu ahrotsenoziv horokhu vid burianiv [System of agrotechnical protection of pea agrocenoses from weeds]. *Ahrarni innovatsii*, 25, 17–29. <https://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/article/view/637/653> [in Ukrainian].
- Ramdani, A., Ibriz, H., & Essahat, A. (2022). Thiamethoxam seed treatment controls Pea Leaf Weevil (*Sitona lineatus* (L.)) on faba bean in Morocco. *African and Mediterranean Agricultural Journal*. 135. 179–191.
- Trybel, S. O., Siharova, D. D., Sekun, M. P., & Ivashchenko, O. O. (2001). Metodolohiia i praktyka zakhystu roslyn [Methodology and practice of plant protection]. Kyiv : Svit. 384 [in Ukrainian].

**Юркевич Є.О., Дробіт О.С., Валентюк Н.О., Гайдаш О.Л. Адаптивний потенціал та продуктивність насіння гороху за використання фунгіцидних препаратів у посушливих умовах півдня України**

**Мета статті** – науково обґрунтувати оптимальні строки сівби та схеми фунгіцидного захисту як чинників підвищення насіннєвої продуктивності гороху посівного в посушливих умовах півдня України. **Методи та матеріали досліджень**: використано польовий метод (вплив факторів середовища), візуально-лабораторний (фітосанітарний стан), вимірювально-ваговий (структура врожаю), порівняльний (ефективність препаратів) та математично-статистичний (Excel-аналіз вірогідності результатів). **Результати**. Використання оптимальних агротехнічних параметрів сприяло формуванню максимальної насіннєвої продуктивності гороху. Комплексний аналіз отриманих даних за період 2023–2025 рр. підтвердив, що врожайність гороху на півдні України визначається синергією строків сівби та систем фунгіцидного захисту. Оптимальним терміном посіву визначено III декаду березня (середня продуктивність – 2,40 т/га),

що виявилось ефективнішим за II декаду березня та I декаду квітня. Усі варіанти фунгіцидного захисту дали достовірний приріст порівняно з контролем (1,78 т/га). Найкращі результати забезпечив препарат на основі трифлуксистробіну та протіокконазолу (2,54 т/га, +42,7 % до контролю). Дещо нижчі, але високі показники продемонструвала суміш флутриафолу з карбендазімом (2,49 т/га), тоді як схеми з азоксистробіном забезпечили збір на рівні 2,35–2,41 т/га.

**Висновки.** Дослідження за 2023–2025 рр. підтвердили, що найвищу продуктивність гороху на півдні України забезпечує сівба в третій декаді березня. За використання фунгіциду трифлуксистробін + протіокконазол (0,5 л/га) досягнуто рекордних показників: кількість бобів – 6,34 шт., маса 1000 насінин – 278,12 г, а продуктивність рослини – 4,28 г. Максимальну насінневу продуктивність культури – 2,64 т/га встановлено за умови проведення посівної в третій декаді березня та обробки посівів фунгіцидом із вмістом трифлуксистробіну й протіокконазолу.

Отримані результати дають можливість стверджувати, що науково обґрунтоване застосування сучасних фунгіцидів у системі інтегрованого захисту гороху, а також використання оптимальних строків обробки, є ефективним заходом стабілізації врожайності та підвищення якості насіння культури, а також використання оптимальних строків обробки, є ефективним заходом стабілізації врожайності та підвищення якості насіння культури в посушливих умовах півдня України.

**Ключові слова:** горох, продуктивність, строки сівби, шкідливі організми, засоби захисту.

**Yurkevych Ye.O., Drobit O.S., Valentiuk N.O., Haidash O.L. Adaptive potential and seed productivity of peas under the use of fungicidal preparations in the arid conditions of Southern Ukraine.**

**The purpose.** To scientifically substantiate the optimal sowing dates and fungicidal protection schemes as factors for increasing the seed productivity of field peas (*Pisum sativum* L.) in the arid conditions of Southern Ukraine.

**Methods and Materials.** The study employed the field method (environmental factors influence), visual-laboratory method (phytosanitary assessment), measurement-weight method (yield structure analysis), comparative method (efficiency of chemical products), and mathematical-statistical method (Excel-based analysis of result reliability).

**Results.** The application of optimal agrotechnical parameters promoted the formation of maximum pea seed productivity. A comprehensive analysis of data collected during 2023–2025 confirmed that pea yield in Southern Ukraine is determined by the synergy between sowing dates and fungicidal protection systems. The third decade of March was identified as the optimal sowing period (average productivity – 2.40 t/ha), proving more effective than the second decade of March or the first decade of April. All fungicidal protection variants yielded a significant increase compared to the control (1.78 t/ha). The best results were provided by a product based on trifloxystrobin and prothioconazole (2.54 t/ha, +42.7% over the control). Slightly lower but still high performance was demonstrated by a mixture of flutriafol and carbendazim (2.49 t/ha), while schemes involving azoxystrobin ensured yields at the level of 2.35–2.41 t/ha.

**Conclusions.** Research conducted from 2023 to 2025 confirmed that sowing in the third decade of March ensures the highest pea productivity in Southern Ukraine. Using the fungicide trifloxystrobin + prothioconazole (0.5 L/ha), record figures were achieved: number of pods – 6.34, 1,000-seed weight – 278.12 g, and plant productivity – 4.28 g. The maximum seed productivity of the crop (2.64 t/ha) was established under the condition of sowing in the third decade of March and treating the crops with a fungicide containing trifloxystrobin and prothioconazole. The results obtained suggest that the scientifically substantiated application of modern fungicides within an integrated pea protection system, along with the use of optimal treatment timing, is an effective measure for stabilizing yields and improving seed quality under the arid conditions of Southern Ukraine.

**Key words:** peas, productivity, sowing dates, harmful organisms, protection products.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## ОЦІНКА ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ УКРАЇНСЬКОЇ СЕЛЕКЦІЇ РІЗНИХ ГРУП СТИГЛОСТІ ЗА ПРОДУКТИВНОЮ РЕАКЦІЄЮ НА ПОЗАКОРЕНЕВЕ ПІДЖИВЛЕННЯ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ

**ЯЩЕНКО Л.А.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

*orcid.org/0000-0003-1407-0133*

Національний університет водного господарства та природокористування

**ЮВЧИК Н.О.** – доктор філософії

*orcid.org/0000-0001-5629-0201*

Національний університет водного господарства та природокористування

**СРІБНИЙ М.В.** – провідний науковий співробітник

*orcid.org/0000-0001-7809-8448*

Інститут сільського господарства Західного Полісся

Національної академії аграрних наук України

**Постановка проблеми.** Кукурудза (*Zea mays* L.) належить до стратегічних культур, яка забезпечує потреби харчової, кормової та біоенергетичної галузей. Ефективність її вирощування значною мірою залежить від використання адаптованих гібридів з високим потенціалом продуктивності, а також від впровадження сучасних агротехнічних прийомів, зокрема позакореневих підживлень. У зв'язку зі змінами клімату, нестабільністю погодних умов і зниженням рівня природної родючості ґрунтів актуальним є пошук технологічних рішень, що сприяють реалізації генетичного потенціалу гібридів у конкретних агроекологічних умовах.

Особливу увагу заслуговує застосування мікродобрив і стимуляторів росту в системі позакореневого підживлення, які, за сприятливих умов, здатні позитивно впливати на обмін речовин, стійкість до абіотичних чинників і, як наслідок, на продуктивність рослин. Проте реакція гібридів кукурудзи на такі заходи є різною, що обумовлено їхньою генетичною природою, тривалістю вегетаційного періоду та рівнем адаптивності.

Польове оцінювання гібридів різних груп стиглості дозволяє виявити відмінності між генотипами за реакцією на агротехнічний прийом, що має практичне значення для селекції на адаптивність і стабільну продуктивність. Такі дослідження дозволяють не лише оптимізувати технології вирощування, а й визначити генотипи, найбільш придатні до вирощування у відповідній природно-кліматичній зоні, зокрема в Західному Лісостепу України.

**Аналіз останніх досліджень.** Вчені підкреслюють, що продуктивність культури формується комплексом чинників: внесок правильного вибору гібридів становить 20–50 %, агротехнологічні заходи забезпечують 30–60 %, тоді як погодні умови визначають близько 20 % кінцевого результату [1; 2]. Комплексний підхід до підбору гібридів дозволяє максимально ефективно використовувати природно-кліматичний потенціал регіону, забезпечуючи стабільно високі врожаї кукурудзи. Ця

потреба обумовлена і тим, що у виробництві вирощуються переважно нові гібриди інтенсивного типу, високі продуктивні, які вимагають підвищених норм добрив та комплексного забезпечення макро– та мікроелементами [3; 4].

Вирощування гібридів різних груп стиглості вимагає також врахування їх специфічної реакції на добрива, зокрема на позакореневі підживлення [5]. Сучасні дослідження підтверджують, що мікродобрива та стимулятори росту позитивно впливають на фотосинтез і метаболічні процеси, що сприяє кращій реалізації генетичного потенціалу гібридів [6].

Різниця в адаптивності гібридів за групами стиглості відображається у варіабельності продуктивності та чутливості до агротехнічних заходів. Це підкреслює важливість селекційного підходу до оцінки генотипів у конкретних агроекологічних умовах [7]. Особливості клімату і ґрунтів Західного Лісостепу накладають додаткові вимоги до агротехнологій, зокрема оптимального застосування позакореневих добрив [8]. Таким чином, інтеграція селекції і агротехніки, зокрема позакореневого підживлення, є перспективним напрямом підвищення стабільності та ефективності продуктивності кукурудзи [9].

Позакореневе підживлення є одним із перспективних агротехнічних прийомів для підвищення продуктивності кукурудзи, що особливо актуально у сучасних агроекологічних умовах. За даними Грабовського та співавт. [10] позакореневе підживлення кукурудзи комплексом мікродобрив сприяє підвищенню показників продуктивності, покращенню фізіологічного стану рослин і формуванню кращої структури врожаю. Вони підкреслюють важливість корекції живлення в критичні фази розвитку культури для максимального розкриття потенціалу гібридів. Дослідження, опубліковане у збірнику наукових праць Тернопільського національного аграрного університету (2019), також підтверджує позитивний вплив позакореневого внесення мікродобрив на інтенсивність



фотосинтезу, рівень хлорофілу та загальний вегетативний розвиток кукурудзи [11]. Автори відзначають збільшення врожайності зерна за рахунок поліпшення живлення рослин у посушливих умовах.

Позакореневе підживлення є ефективним методом корекції живлення кукурудзи, особливо в умовах обмеженого доступу до елементів живлення через ґрунт. Дослідження українських вчених підтверджують його позитивний вплив на ріст та продуктивність рослин. Зокрема, у дослідженнях Дудки М. І., Якуніна О. П., Ковтуна О. В. та Гладкого О. В. було встановлено, що позакореневе підживлення кукурудзи сприяло збільшенню висоти рослин на 2–5 см та незначному збільшенню площі листової поверхні [12]. Урожайність зерна при підживленні карбамідом та мікроелементами досягала 8,30–8,78 т/га, що перевищувало контрольний варіант без підживлення (7,77 т/га).

Ці результати свідчать про важливість позакореневого підживлення як складової сучасних технологій вирощування кукурудзи, спрямованих на підвищення її продуктивності та адаптивності до змінюваних агрокліматичних умов.

**Мета дослідження** – встановити особливості реакції гібридів кукурудзи української селекції різних груп стиглості на позакореневе підживлення мікродобривами та стимуляторами росту в умовах мінерального удобрення Західного Лісостепу України та оцінити їх продуктивність і адаптивність до агротехнічного прийому.

**Методика досліджень.** Дослідження проведені у польовому досліді в межах землекористування Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН.

Загальний фон живлення становив внесення розрахункової дози мінеральних добрив (аміачна селітра, подвійний суперфосфат, калій хлористий), встановленої за виносом основною продукцією на врожайність 10 т/га у дозі  $N_{160}P_{60}K_{60}$ . Позакореневе підживлення проводили мікродобривом та стимулятором росту рослин: у фазах 3 – 5 листків внесення препаратів «Вимпел» (0,5 кг/га) + «Оракул мультикомплекс» (1 л/га) та у фазі 7 – 8 листків «Вимпел» (0,5 кг/га) + «Оракул мультикомплекс» (1 л/га) + «Оракул біоцинк» (1 л/га).

Для дослідження було обрано гібриди кукурудзи, що вирощувалися на зерно, різних груп стиглості української селекції:

- ранньостигла (ФАО 150-199): ДН НУР (ФАО 170). Оригіна́тор: Державна установа Інститут зернових культур Національної академії аграрних наук України;
- середньорання (ФАО 200-299): ДН Галатея (ФАО 260). Оригіна́тор: Інститут сільського господарства степової зони Національної академії аграрних наук України;
- середньостиглий (ФАО 300-399) ДН Деметра (ФАО 300). Оригіна́тор: Державна установа Інститут сільського господарства степової зони Національної академії аграрних наук України;

Технологія вирощування культури традиційна. Допосівний обробіток ґрунту включав лущення стерні на глибину 6–8 см, оранку на зяб глибиною 20–22 см, ранньовесняне закриття вологи та передпосівний обробіток весною комплексними агрегатами. Сівбу кукурудзи

проводили в першій декаді травня. Глибина висівання насіння 4–5 см.

Ґрунт дослідної ділянки – темно-сірий опідзолений на лесових породах характеризувався наступними агрохімічними показниками у 0–20 см шарі: реакція ґрунтового розчину слабо кисла (рН сольовий 5,43 од.); низьким вмістом вміст гумусу (за Тюрнімом) 1,72 %; низьким вмістом легкогідролізних сполук азоту (за Корнфільдом) 120 мг/кг ґрунту, підвищеним вмістом рухомих сполук фосфору та калію (за Кірсановим) відповідно 127 та 141 мг/кг ґрунту.

Облік урожаю проводили методом прямого комбайнування ділянок дослідів з наступним зважуванням і перерахунком отриманих даних на стандартну вологість зерна, статистичну обробку даних –методом дисперсійного аналізу (Excel, Statistica 6.0).

**Результати досліджень.** Кукурудза, на відміну від інших зернових культур, потребує підвищеного мінерального живлення, що пов'язано, насамперед, з довготривалим вегетаційним періодом та здатністю рослин засвоювати поживні речовини майже до самого завершення дозрівання зерна [13; 14]. Для збалансованого співвідношення між основними елементами живлення (азот, фосфор, калій) рослини кукурудзи потребують і застосування мікроелементів. Встановлено, що позакореневе підживлення мікродобривами сприяє збільшенню висоти рослин, інших біометричних параметрів та відповідно впливає на покращення якості врожаю [15]. За роки дослідження ми спостерігали тенденцію до підвищення висоти рослин при використанні мікродобрив на кукурудзі у всіх групах стиглості порівняно з варіантами без мікродобрив та регуляторів росту (табл. 1.).

Ріст рослин у висоту є однією з важливих морфологічних ознак, за якими можна характеризувати реакцію гібридів на зміни умов живлення [16]. Проведення позакореневого підживлень у фазах 3-5 і 7-8 листків сприяло збільшенню даного показника у рослин гібридів кукурудзи на 1-16 см в порівнянні із варіантами без внесення мікродобрив. Слід відмітити, що найкращий результат приросту спостерігався у середньостиглого гібрида ДН Галатея.

Результатами досліджень встановлено, що рівень передзбиральної вологості із подовженням тривалості вегетаційного періоду зростає. Так, зокрема, найкращою вологовіддачею з-поміж гібридів зернової кукурудзи відзначилася рання група стиглості де вологість зерна в середньому за 2021-2023 рр. становила 17,8 %, середньорання та середньостигла групи відповідно – 19,5 % та 20,5%. Втрата вологи зерном залежить також і від інтенсивності удобрення [17]. Проведення позакореневого підживлень забезпечило зростання рівня вологості зерна досліджуваних гібридів кукурудзи на 0,1–0,3%, порівняно з варіантами без підживлень.

Нами встановлено, що застосування мікродобрив і регуляторів росту позитивно вплинуло на формування урожайності зерна кукурудзи гібридів різних груп стиглості (рис. 1).

Застосування під час вегетації препарату Вимпел (0,5 л/га) та мікродобрив Оракул мультикомплекс (1 л/га) та

Таблиця 1

Морфобіологічні показники кукурудзи на зерно, за 2021-2023 рр.

| Гібрид (фактор А)    | Удобрення (фактор Б)          | Висота рослин, см | Густота рослин, тис. шт./га | Вологість зерна на період збирання, % |
|----------------------|-------------------------------|-------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| ДН Нур (ФАО-170)     | без підживлень                | 261               | 85                          | 17,8                                  |
|                      | із позакореневим підживленням | 272               | 90                          | 18,1                                  |
| ДН Галатея (ФАО-260) | без підживлень                | 269               | 80                          | 19,5                                  |
|                      | із позакореневим підживленням | 285               | 85                          | 19,6                                  |
| ДН Деметра (ФАО-300) | без підживлень                | 267               | 80                          | 20,5                                  |
|                      | із позакореневим підживленням | 268               | 90                          | 20,7                                  |

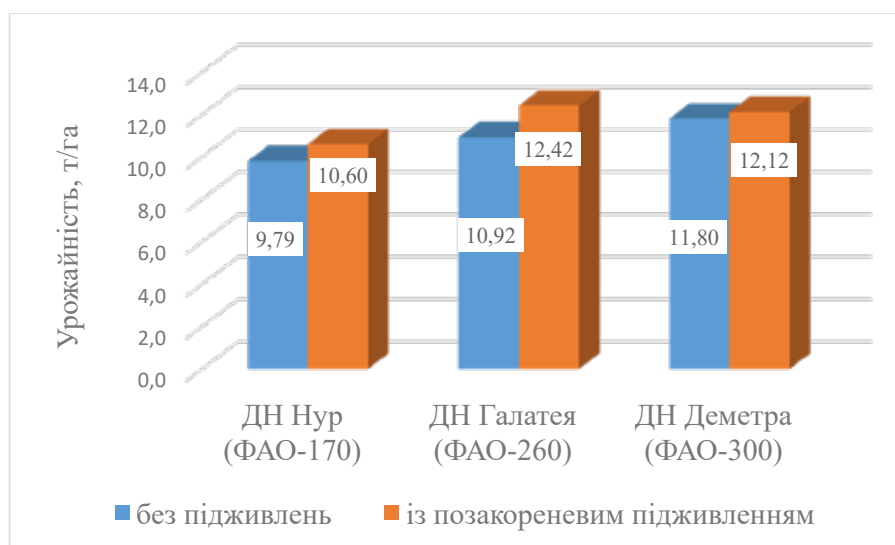


Рис. 1. Вплив позакореневого підживлення на урожайність гібридів кукурудзи, 2021-2023 рр.

Оракул біоцинк (1 л/га) збільшувало прирости врожайності зерна на 0,32-1,50 т/га. Це зумовлено тим, що рослини були повністю або частково забезпечені необхідними мікроелементами та регуляторами росту, які рівномірно розподілялися протягом вегетаційного періоду культури, зокрема у критичні фази розвитку рослин. Найвищий урожай зерна (12,42 т/га) сформував середньоранній гібрид кукурудзи ДН Галатея за сумісного удобрення

$N_{160}P_{60}K_{60}$  та використання мікродобрив (табл. 2). Подібні результати отримані у роботі Шевченко Л. А., Чмеля О. П., Хоменка С. В. де зазначено, що застосування мікродобрив та стимуляторів росту позитивно впливало на продуктивність гібридів кукурудзи в умовах Півночі України [18]. Автори відзначають підвищення врожайності та покращення біометричних показників рослин при використанні даних препаратів.

Таблиця 2

Структурний аналіз качанів кукурудзи, середнє за 2021-2023 рр.

| Гібрид (фактор А)    | Удобрення (фактор Б)          | Урожайність | Довжина качана, см | Кількість рядів зерен, шт. | Кількість зерен в ряду, шт. | Вага зерна з качана, г | Маса 1000 зерен, г |
|----------------------|-------------------------------|-------------|--------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|
| ДН Нур (ФАО-170)     | без підживлень                | 9,79        | 18                 | 14                         | 35,6                        | 142                    | 287,7              |
|                      | із позакореневим підживленням | 10,6        | 19,1               | 14                         | 39,4                        | 155                    | 300,1              |
| ДН Галатея (ФАО-260) | без підживлень                | 10,92       | 16                 | 16                         | 30,1                        | 166                    | 348,1              |
|                      | із позакореневим підживленням | 12,42       | 17,7               | 16                         | 34,5                        | 191                    | 371,1              |
| ДН Деметра (ФАО-300) | без підживлень                | 11,8        | 18,3               | 14                         | 36,5                        | 170                    | 332,8              |
|                      | із позакореневим підживленням | 12,12       | 18,6               | 14                         | 38,8                        | 186                    | 353,7              |

НІР 05 А – 0,42; Б – 0,36; АБ – 0,78

Детальний аналіз елементів структури врожаю гібридів кукурудзи різних груп стиглості показав, що застосування позакоренових підживлень мало також позитивний вплив на всі структурні елементи врожайності кукурудзи, а саме кількість зерен у ряду, загальну кількість зерен у качані, масу зерна з качана та масу 1 000 зерен. Найвищі показники спостерігалися у середньораннього гібриду ДН Галатея за внесення розрахункової норми добрив  $N_{160}P_{60}K_{60}$ . Усвідомлення процесів формування елементів структури врожаю кукурудзи впродовж її вегетації та своєчасне впровадження заходів для їх оптимізації є ключовою умовою досягнення стабільно високих урожаїв.

**Висновки.** Результатами досліджень встановлено, що в умовах Західного Лісостепу на темно-сірому опідзоленому ґрунті проведення позакоренових підживлень у фазу 3-5 і 7-8 листків мікродобривами і ріст активуючими препаратами є ефективним елементом технології для підвищення продуктивності гібридів кукурудзи. За такої системи вирощування найвищу урожайність зерна (12,42 т/га) та найкращі показники якості сформував середньоранній гібрид кукурудзи ДН Галатея.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Архипенко Ф. М., Артюшенко О. О., Кухарчук П. І. Агротехнічні заходи підвищення продуктивності та поживності кукурудзи. *Вісник аграрної науки*. 2005. № 6. С. 15–18.
- Шевченко М. С., Рибка В. С., Ляшенко Н.О. Основні пріоритети раціонального розвитку виробництва зерна кукурудзи на Дніпропетровщині. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2016. № 10. С. 118–124.
- Мокрієнко В.А., Усатий Г.Ю. Особливості засвоєння поживних речовин гібридами кукурудзи. *Землеробство*. 2006. Вип. 78. С. 12 – 20.
- Санін Ю. Технологія підживлення кукурудзи макро- та мікроелементами, їхнє значення та застосування в посівах кукурудзи. 2010. URL: <http://www.propozitsiya.com/page=146&itemid=3288>.
- Brankov M., Simić M., Dolijanović Ž., Rajković M., Mandić V., & Dragičević V. The response of maize lines to foliar fertilizing. *Agriculture*. 2020. 10(9). 365.
- Fernández V., Eichert T. Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2009. Vol. 28 (1–2). P. 36–68.
- Duvick D. N. The contribution of breeding to yield advances in maize (*Zea mays* L.). *Advances in Agronomy*. 2005. Vol. 86. P. 83–145.
- Дем'янюк О. С., Полтава О. П., Мусич О. Г., Зубко О. В., Душко П. М. Позакоренове підживлення як ефективний спосіб підвищення продуктивності сільськогосподарських культур. *Агроекологічний журнал*. 2025. № 4. С. 155–165.
- Al-Yasari MNH, Al-Jbwy SK. Effect of inorganic fertilizer combination and foliar application of organic nutrient on growth and yield traits of maize. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*. 2024. 56(2). 875–888.
- Грабовський, О. І., Стефанишин, В. І., & Грицай, В. М. Вплив позакоренового підживлення мікродобривами на продуктивність кукурудзи. *Агробіологія*. 2021. 33(2). С. 33–42. Doi: 10.33245/2310-9270-2021-167-2-33-42
- Каленська С. М., Єрмакова Л. М., Крестьянінов Є. В., Антал Т. В. Вплив позакоренового підживлення на фотосинтетичну активність та врожайність кукурудзи. *Збірник наукових праць Тернопільського національного технічного університету*. 2019. Вип. 106. С. 128–134.
- Дудка, М. І., Якунін, О. П., Ковтун, О. В., & Гладкий, О. В. Вплив позакоренового підживлення на ріст і продуктивність кукурудзи. *Аграрна наука*. 2021. 25(3). С. 112–119.
- Каленська С. М., Таран В. Г., Данилів П. О. Розвиток кореневої системи кукурудзи на ранніх етапах розвитку. *Науковий вісник НУБІП України*. Сер. Агрономія. 2017. Вип. 269. С. 10–17.
- Таран В. Г., Каленська С. М., Новицька Н. В., Данилів П. О. Стабільність та пластичність гібридів кукурудзи залежно від системи удобрення та густоти стояння рослин в Правобережному Лісостепу України. *Біоресурси і природокористування*. 2018. Т. 10. № 3–4. С. 147–156.
- Циков В.С., Дудка М.І., Шевченко О.М. Ефективність позакоренового підживлення кукурудзи мікроелементними препаратами сумісно з азотним мінеральним добривом. *Бюлетень ІЗГ степової зони НААН України*. 2016. № 11. С. 23–27.
- Сіроха, О. Л. Вплив удобрення на біометричні показники та показники вирівняності рослин кукурудзи різної групи стиглості. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. Серія: Сільськогосподарські науки. Вінниця. 2014. Вип. 5(82). С. 37–47.
- Азуркін В. Особливості вологовіддачі зерна гібридами кукурудзи залежно від норм азотних добрив. *Корми і кормовиробництво*. Вінниця. 2010. Вип. 67. С. 201–204.
- Шевченко, Л. А., Чмель, О. П., & Хоменко, С. В. Використання мікродобрив і стимуляторів росту для підвищення продуктивності гібридів кукурудзи. *Вісник аграрної науки*. 2020. 24(2), 88–95.

#### REFERENCES:

- Arkhylenko F. M., Artiushenko O. O., Kukharchuk P. I. (2005). Ahrotekhnichni zakhody pidvyshchennia produktyvnosti ta pozhyvnosti kukurudzy [Agricultural practices to improve maize yield and nutritional value]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 6, 6–18 [in Ukrainian].
- Shevchenko M. S., Rybka V. S., Liashenko N.O. (2016). Osnovni priorytety ratsionalnoho rozvytku vyrobnytstva zerna kukurudzy na Dnipropetrovshchyni [Key priorities for the sustainable development of maize production in the Dnipropetrovsk region]. *Biuletyn Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy*. 10, 118–124 [in Ukrainian].
- Mokriienko V.A., Usatyi H.Yu. (2006). Osoblyvosti zasvoiennia pozhyvnykh rehovyn hibrydamy kukurudzy [Characteristics of nutrient uptake by maize hybrids]. *Zemlerobstvo*, 78, 12–20 [in Ukrainian].
- Sanin Yu. (2010). Tekhnolohiia pidzhyvlennia kukurudzy makro- ta mikroelementamy, yikhnie znachennia ta zastosuvannia v posivakh kukurudzy [Technology of maize fertilization with macro- and microelements, their significance and application in maize crops]. *Rezhym dostupu: http://www.propozitsiya.com/page=146&itemid=3288* [in Ukrainian].

5. Brankov, M., Simić, M., Dolijanović, Ž., Rajković, M., Mandić, V., & Dragičević, V. (2020). The response of maize lines to foliar fertilizing. *Agriculture*, 10(9), 365.
  6. Fernández V., Eichert T. (2009). Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 28 (1–2), 36–68.
  7. Duvick D. N. (2005). The contribution of breeding to yield advances in maize (*Zea mays* L.). *Advances in Agronomy*, 86, 83–145.
  8. Demianiuk O. S., Poltava O. P., Musych O. H., Zubko O. V., Dushko P. M. (2025). Pozakoreneve pidzhyvlennia yak efektyvnyi sposib pidvyshchennia produktyvnosti silskohospodarskykh kultur [Foliar feeding as an effective method of boosting crop yields]. *Ahroekolohichniy zhurnal*, 4, 155–165 [in Ukrainian].
  9. Al-Yasari MNH, Al-Jbwry SK. (2024). Effect of inorganic fertilizer combination and foliar application of organic nutrient on growth and yield traits of maize. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 56(2), 875–888.
  10. Hrabovskyi, O. I., Stefanyshyn, V. I., & Hrytsai, V. M. (2021). Vplyv pozakorenevoho pidzhyvlennia mikro-dobryvamy na produktyvnist kukurudzy [The effect of foliar application of microfertilisers on maize yield]. *Ahrobiolohiia*, 33(2), 33–42 [in Ukrainian].
  11. Kalenska S. M., Yermakova L. M., Krestianinov Ye. V., Antal T. V. (2019). Vplyv pozakorenevoho pidzhyvlennia na fotosyntetichnu aktivnist ta vrozhaivnist kukurudzy [The effect of foliar feeding on photosynthetic activity and maize yield]. *Zbirnyk naukovykh prats Ternopil'skoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*, 106, 128–134 [in Ukrainian].
  12. Dudka, M. I., Yakunin, O. P., Kovtun, O. V., & Hladkyi, O. V. (2021). Vplyv pozakorenevoho pidzhyvlennia na rist i produktyvnist kukurudzy [The effect of foliar feeding on the growth and yield of maize]. *Ahrarna nauka*, 25(3), 112–119 [in Ukrainian].
  13. Kalenska S. M., Taran V. H., Danyliv P. O. (2017). Rozvytok korenevoi systemy kukurudzy na rannikh etapakh rozvytku [The development of the maize root system during the early stages of growth]. *Naukovyi visnyk NUBIP Ukrainy. Ser. Ahronomiia*, 269, 10–17 [in Ukrainian].
  14. Taran V. H., Kalenska S. M., Novytska N. V., Danyliv P. O. (2018). Stablnist ta plastychnist hibrydiv kukurudzy zalezno vid systemy udobrennia ta hustoty stoiannia roslin v Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [The stability and plasticity of maize hybrids depending on the fertilisation regime and plant density in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia*, 3–4, 147–156 [in Ukrainian].
  15. Tsykov V.S., Dudka M.I., Shevchenko O.M. (2016). Efektyvnist pozakorenevoho pidzhyvlennia kukurudzy mikroelementnymy preparatamy sumisno z azotnym mineralnym dobryvom [The effectiveness of foliar feeding of maize with micronutrient preparations in combination with nitrogenous mineral fertiliser]. *Biuletyn IZGH stepovoi zony NAAN Ukrainy*, 11, 23–27 [in Ukrainian].
  16. Sirokha, O.L. (2014). Vplyv udobrennia na biometrychni pokaznyky ta pokaznyky vyryvnanosti roslin kukurudzy riznoyi hrupy styhlости [Influence of fertilizer on biometric indicators and indicators of leveling of corn plants of different maturity group]. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnyts'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Seriya: Sil'skohospodars'ki nauky*, 5(82), 37–47 [in Ukrainian].
  17. Azurkin V. (2010). Osoblyvosti volohoviddachi zerna hibrydamy kukurudzy zalezno vid norm azotnykh dobryv [Characteristics of grain moisture content in maize hybrids depending on nitrogen fertiliser rates]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 67, 201–204 [in Ukrainian].
  18. Shevchenko, L. A., Chmel, O. P., & Khomenko, S. V. (2020). Vykorystannia mikrodobryv i stymuliatoriv rostu dlia pidvyshchennia produktyvnosti hibrydiv kukurudzy [The use of microfertilisers and growth stimulants to improve the yield of maize hybrids]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 24(2), 88–95 [in Ukrainian].
- Яценко Л.А., Ювчик Н.О., Срібний М.В. Оцінка гібридів кукурудзи української селекції різних груп стиглості за продуктивною реакцією на позакореневе підживлення в умовах Західного Лісостепу**
- Мета.** Метою дослідження було встановити особливості реакції гібридів кукурудзи української селекції різних груп стиглості на позакореневе підживлення мікродобривами та стимуляторами росту в умовах мінерального удобрення Західного Лісостепу України та оцінити їх продуктивність і адаптивність до агротехнічного прийому.
- Методи досліджень.** Польовий метод для визначення морфолого-біометричних параметрів рослин, структурних елементів урожайності, облік урожайності зерна; математично-статистичний метод для обґрунтування істинності отриманих результатів.
- Результати досліджень.** Встановлено, що застосування мікродобрив і стимулятора росту у вигляді позакореневого підживлення позитивно вплинуло на формування морфологічних показників, структурних елементів урожаю та продуктивність гібридів кукурудзи. Внесення під час вегетації препарату Вимпел (0,5 л/га) та мікродобрив Оракул мультикомплекс (1 л/га) та Оракул біоцинк (1 л/га) збільшувало прирости врожайності зерна на 0,32–1,50 т/га. Найвищий урожай зерна (12,42 т/га) сформував середньоранній гібрид кукурудзи ДН Галатея за сумісного удобрення  $N_{160}P_{60}K_{60}$  та використання мікродобрив. Застосування позакореневих підживлень також позитивно вплинуло на всі структурні елементи врожайності кукурудзи – кількість зерен у ряду, загальну кількість зерен у качані, масу зерна з качана та масу 1 000 зерен. Найвищі показники також спостерігалися при вирощуванні даного гібриду.
- Висновки.** Результатами досліджень встановлено, що в умовах Західного Лісостепу на темно-сірому опідзоленому ґрунті проведення позакореневих підживлень у фазу 3–5 і 7–8 листків мікродобривами і ріст активуючими препаратами є ефективним елементом технології для підвищення продуктивності гібридів кукурудзи. За такої системи вирощування найвищу урожайність зерна (12,42 т/га) та найкращі показники якості сформував середньоранній гібрид кукурудзи ДН Галатея.
- Ключові слова:** гібриди кукурудзи, позакореневе підживлення, мікродобрива, стимулятор росту, урожайність, біометричні показники.

**Yashchenko L.A., Yuvchik N.O., Sribnyi M.V.**  
**Evaluation of Ukrainian-bred maize hybrids of different maturity groups based on their yield response to foliar fertilisation under conditions of the Western Forest-Steppe.**

**Purpose.** The aim of the study was to determine the response characteristics of Ukrainian-bred maize hybrids of different maturity groups to foliar application of micronutrients and growth stimulants under conditions of mineral fertilisation in the Western Forest-Steppe of Ukraine, and to assess their productivity and adaptability to this agronomic practice.

**Methods.** A field method for determining the morphological and biometric parameters of plants, structural elements of yield, and recording grain yield; a mathematical and statistical method for substantiating the significance of the results obtained.

**Results.** It has been established that the application of microfertilisers and a growth stimulant via foliar feeding had a positive effect on the development of morphological characteristics, structural components of the crop, and the yield of maize hybrids. The application during the

growing season of the Vympel preparation (0.5 l/ha) and the microfertilisers Oracle Multicomplex (1 l/ha) and Oracle Biozinc (1 l/ha) increased grain yield gains by 0.32–1.50 t/ha. The highest grain yield (12.42 t/ha) was achieved by the medium-early maize hybrid DN Galatea with combined fertilisation of  $N_{160}P_{60}K_{60}$  and the use of microfertilisers. The application of foliar fertilisers also had a positive effect on all structural elements of maize yield – the number of grains per row, the total number of grains per cob, the grain weight per cob and the weight of 1,000 grains. The highest figures were also observed when growing this hybrid.

**Conclusions.** Research findings have shown that, under the conditions of the Western Forest-Steppe on dark grey podzolised soil, the application of foliar fertilisers and growth-promoting agents during the 3–5 and 7–8 leaf stages is an effective component of the cultivation technology for increasing the yield of maize hybrids. Under this cultivation system, the mid-early maize hybrid DN Galatea achieved the highest grain yield (12.42 t/ha) and the best quality indicators.

**Key words:** maize hybrids, foliar feeding, micronutrient fertiliser, growth stimulant, yield, biometric indicators.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026



## ОЦІНКА ФЕНОТИПОВОЇ Й ЕКОЛОГІЧНОЇ МІНЛИВОСТІ ЗРАЗКІВ СОЇ ОВОЧЕВОЇ ЗА ТРИВАЛІСТЮ ПЕРІОДУ ВЕГЕТАЦІЇ ТА ПРОДУКТИВНІСТЮ

**БОРОВИК В.О.** – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник  
[orcid.org/0000-0003-0705-2105](https://orcid.org/0000-0003-0705-2105)

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України,

Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України

**ГУРА В.В.** – аспірант

[orcid.org/0009-0005-4936-861X](https://orcid.org/0009-0005-4936-861X)

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України

**Постановка проблеми.** Останнім часом у світі значної популярності набула соя (*Glycine max* (L.) Merr.) овочевого напрямку використання. Її називають по-різному: едамаме, «їстівна соя», «незріла соя», «боби до пива» тощо [1]. Оптимальним строком збирання врожаю едамаме є фаза R6, коли боби мають інтенсивне зелене забарвлення, характеризуються низькою концентрацією олігоцукрів і антипоживних речовин, а також високим вмістом сахарози та значною масою незрілого насіння [2]. Завдяки високому вмісту білка, ізофлавонів, вітамінів С і U, а також мононенасичених жирних кислот, соя є цінним і поживним харчовим продуктом [3]. При впровадженні культури в виробництво, перевагу слід надавати сортам едамаме, адаптованим до конкретних ґрунтово-кліматичних умов вирощування [4, 5]. У зв'язку з цим створення сортів, придатних для регіонів вирощування сої овочевої, є актуальним і науково обґрунтованим завданням селекції.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Науковці стверджують, що завдяки високому вмісту поліненасичених жирів, клітковини, вітамінів, мінералів і низькому вмісту насичених жирів, соєві продукти мають багато корисних для здоров'я та терапевтичних ефектів [6, 7, 8]. Внаслідок ферментації *Bacillus subtilis* або *Aspergillus oryzae*, харчова цінність ферментованих соєвих продуктів підвищується. На думку Jayachandran et al. (2019) ферментація покращує засвоюваність і збільшує вміст соєвого білка та ізофлавонів, порівняно з неферментованими соєвими продуктами [9].

Для забезпечення високої врожайності сої овочевого напрямку необхідно створювати сорти з високими показниками якості насіння.

У селекційній практиці морфологічні ознаки сої (*Glycine max* (L.) Merr.) широко застосовуються як індикатори реакції в процесі добору, під час вивчення фенотипових і генотипових кореляцій, а також для

оцінювання придатності сортів до різних систем вирощування. Зокрема, науковці Woyann et al. (2020) свідчать, що ширина насіння, кількість вузлів на рослині та маса 1000 насінин істотно впливають на формування фенотипу популяції [10]. У дослідженнях Mehmood et al. (2023) середньоквадратичний аналіз дисперсії показав значну фенотипічну варіацію для більшості досліджуваних ознак [11].

Отже, ідентифікація та залучення генетично різноманітної зародкової плазми є одним із пріоритетних напрямів удосконалення сільськогосподарських культур. Оцінювання параметрів генетичної мінливості, успадкованості та очікуваного генетичного прогресу засвідчило наявність значної генетичної варіабельності серед досліджених генотипів [12].

Створення конкурентоспроможних сортів сої овочевого напрямку використання є ключовою передумовою розвитку її виробництва. Досягнення цієї мети ґрунтується на залученні різноманітного генофонду для отримання нових форм із високою продуктивністю та покращеними біохімічними показниками. Це, у свою чергу, потребує поглибленого вивчення генетичних основ формування цінних господарських ознак [13].

За свідченням Chakelie et al. (2024) ідентифікація та залучення генетично різноманітної зародкової плазми є одним із пріоритетних напрямів удосконалення сільськогосподарських культур. Оцінювання параметрів генетичної мінливості, успадкованості та очікуваного генетичного прогресу засвідчило наявність значної генетичної варіабельності серед досліджених генотипів [14].

Тривалість вегетаційного періоду та врожайність належать до кількісних ознак, формування яких контролюється комплексом генів і значною мірою залежить від умов середовища, тому їх успадкування та мінливість вивчають методами кількісної генетики [15]. У зв'язку з цим дослідження було спрямоване на з'ясування



особливостей успадкування та мінливості тривалості вегетаційного періоду у генотипів овочевої сої з використанням підходів кількісної генетики.

**Метою статті** – висвітлення питання фенотипової та екологічної мінливості зразків сої овочевої за тривалістю періоду вегетації та продуктивністю з ціллю формування науково обґрунтованого матеріалу, придатного для селекції адаптивних та високопродуктивних сортів.

**Матеріали і методика дослідження.** Дослідження проводилась в умовах Південного Степу України на полях селекційної сівозміни Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, селище Наддніпрянське, Херсонського району, Херсонської області.

Ґрунт дослідної ділянки – темно-каштановий середньосуглинковий. В орному шарі ґрунту вміст загального гумусу становив 2,0 – 2,2 %, нітратного азоту – 1,8 мг/кг, рухомих форм фосфору – 32,3 мг/кг та обмінного калію – 251,0 мг/кг ґрунту. Агрокліматичні умови регіону характеризуються високими літніми температурами, нерівномірним розподілом опадів та їх недостатньою кількістю впродовж вегетаційного періоду, що зумовлює часті прояви повітряної та ґрунтової посухи, а також суховійні явища. За таких умов дефіцит вологи є основним лімітуючим фактором формування врожайності, у зв'язку з чим вирощування сої овочевої здійснювали із застосуванням зрошення.

Площа однорядкової ділянки сої – 2,25 м<sup>2</sup>, посів рядковий. У якості стандарту використовували сорт сої UD0200651 Кобра. Відмічалася дата появи сходів, проводились фенологічні спостереження: визначались фази розвитку рослин. Обліки висоти рослин, прикріплення нижніх бобів у сої, стійкість до вилягання, посухи та ураження найбільш поширеними в південній зоні України хворобами, проводили в період цвітіння – формування насіння у сої.

Обліки та спостереження проводяться на всіх етапах вивчення колекційних зразків. Фенологічні спостереження проводять через день, відмічаються

сходи рослин, гілкування, цвітіння, стиглості насіння. Збирається насіння ручним способом з послідовним обмолотом снопового матеріалу та аналізом структури урожаю.

Досліджувались зразки сої овочевої (*Glycine max* L.): UD0200651 Кобра, стандарт, UD0200177 Fiskeby V, UD0200640 Karikachi, UD0200903 Фора, UD0201080 Веста, UD0201152 20/25, UD0202500 Sac, UKR001:02858 Л 361-1-13, UKR001:02859 Л 362-2-13, UKR001:02860 Л 364-2-13, UKR001:02861 Л 368-3-13, UKR001:02864 Л 380-2-13 з метою виділення кращих для подальшої селекційної роботи.

Оцінювали зразки за методикою Державної комісії по сортовипробуванню сільськогосподарських культур [16], Методики польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях [17]. Обліки і спостереження за розвитком рослин виконувалися згідно методичних рекомендацій НЦГРПУ – Широкий уніфікований класифікатор [18], Ідентифікація ознак зернобобових культур [19]. Статистичну обробку отриманих даних виконували згідно Методики польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях [20].

Для дослідження мінливості ознак, розраховували коефіцієнти варіації, що відображають відносний характер їх розсіювання. Коефіцієнт варіації використовували для оцінки мінливості ознак у математичному вираженні, посилаючись на шкалу відношень [19].

**Результати досліджень.** Оцінку фенотипової та екологічної мінливості здійснювали за діапазоном варіювання показників маси насіння з 1 м<sup>2</sup> та амплітудою їх коливань за роками досліджень (табл. 1).

Аналіз показників врожайності зразків сої овочевої за 2023–2025 рр. засвідчив значну мінливість цієї ознаки залежно від умов років досліджень. Середня врожайність варіювала від 181,0 г у стандартного сорту Кобра до 309,7 г у лінії Л 380-2-13. Високі значення також відзначено у зразків Sac (305,3 г), Л 362-2-13 (289,7 г) та у Фора (269,1 г). Перевищення над стандартом Кобра становило, відповідно, 128,7; 124,3; 108,7 та 88,1 г.

Таблиця 1

## Екологічна стабільність та варіація врожайності зразків сої овочевої

| Назва зразка     | Роки досліджень |       |       | Середнє, г | SD, г | V, % |
|------------------|-----------------|-------|-------|------------|-------|------|
|                  | 2023            | 2024  | 2025  |            |       |      |
| Кобра (стандарт) | 188,0           | 200,0 | 155,0 | 181,0      | 22,0  | 12,2 |
| Fiskeby V        | 230,0           | 204,0 | 198,0 | 210,7      |       | 7,9  |
| Karikachi        | 270,0           | 195,0 | 182,0 | 215,7      | 44,0  | 20,4 |
| Фора             | 356,0           | 231,0 | 220,2 | 269,1      | 72,5  | 26,9 |
| Веста            | 216,0           | 254,0 | 195,0 | 221,7      | 31,6  | 14,3 |
| 20/25            | 256,0           | 162,0 | 154,0 | 190,7      | 55,5  | 29,1 |
| Sac              | 352,0           | 332,0 | 232,0 | 305,3      | 61,1  | 20,0 |
| Л 361-1-13       | 328,0           | 218,0 | 209,0 | 251,7      | 61,5  | 24,4 |
| Л 362-2-13       | 312,0           | 282,0 | 275,0 | 289,7      | 19,2  | 6,6  |
| Л 364-2-13       | 252,0           | 232,0 | 220,0 | 234,7      | 16,0  | 6,8  |
| Л 368-3-13       | 332,0           | 249,0 | 232,0 | 271,0      | 50,4  | 18,6 |
| Л 380-2-13       | 324,0           | 306,0 | 299,0 | 309,7      | 12,5  | 4,0  |

**Примітка:** SD – стандартне відхилення (σ), показник варіації врожайності зразків за роками досліджень; V – коефіцієнт варіації, %.

Водночас встановлено, що високий рівень продуктивності не завжди поєднується зі стабільністю. Зокрема, зразок Sac, поряд із високою врожайністю, характеризувався середнім рівнем екологічної варіабельності, що свідчить про його меншу адаптивність до нестійких умов вирощування.

За діапазоном коливань маси насіння з 1 м<sup>2</sup> виділено групи з різною мінливістю. Низьку мінливість (25,0–32,0 г) виявлено у ліній Л 380-2-13 (299,0–324,0 г), Л 362-2-13 (275–312 г) та Л 364-2-13 (220–252 г), коефіцієнт варіації яких становив відповідно 4,0; 6,6 та 6,8 %. Високу мінливість ( $\geq 100$  г) демонстрували зразки Фора (220,2–356,0 г) і 20/25 (154,0–256,0 г) із коефіцієнтом варіації 26,9–29,1 %.

Згідно з даними таблиці 2, у лінії Л 380-2-13 стандартне відхилення врожайності (SD) становило 12,5 г, що свідчить про незначну міжрічну варіацію та високу стабільність. Натомість у зразка Фора SD дорівнювало 72,5 г, що вказує на суттєві коливання врожайності залежно від умов року.

Загалом показники стандартного відхилення та коефіцієнта варіації підтверджують різний рівень екологічної стабільності досліджуваних генотипів. Найбільш стабільними виявилися лінії Л 380-2-13 ( $V = 4,0$  %), Л 362-2-13 ( $V = 6,6$  %) та Л 364-2-13 ( $V = 6,8$  %), а також сорт Fiskeby V (7,9 %). Високу варіабельність відмічено

у зразків 20/25 (29,1 %), Фора (26,9 %) та Л 361-1-13 (24,4 %). У решти зразків спостерігався середній рівень мінливості ( $V = 11$ –25 %).

Отже, найвищу середню врожайність формували зразки Л 380-2-13, Sac, Л 362-2-13 і Фора, проте не всі вони поєднували високу продуктивність зі стабільністю, що необхідно враховувати при доборі вихідного матеріалу для умов із нестійким середовищем.

Комплексна оцінка колекційних зразків сої овочевої за поєднанням коефіцієнта кореляції ( $r$ ) та коефіцієнта мінливості ( $V$ , %) дозволила диференціювати генотипи за типом адаптивної стратегії та селекційною цінністю, оскільки поєднання напрямку й сили кореляційного зв'язку з рівнем варіабельності продуктивності відображає характер реалізації генетичного потенціалу в умовах змінної тривалості вегетаційного періоду.

Проведений аналіз взаємозв'язку між тривалістю вегетації та масою насіння з 1 м<sup>2</sup> у зразків сої овочевої за 2023–2025 рр. засвідчив наявність істотної генотипової диференціації за характером кореляційної реакції. Значення коефіцієнта кореляції ( $r$ ), варіювали від  $-0,80$  до  $0,91$ .

На основі середніх за 2023–2025 рр. даних простежується **позитивна тенденція** між тривалістю періоду вегетації та масою насіння з 1 м<sup>2</sup>, а саме: зі збільшенням тривалості вегетації від 80 діб (Кобра) до 95 діб (Л

Таблиця 2

**Кореляційний зв'язок між тривалістю періоду вегетації та масою насіння і коефіцієнт мінливості ( $V$ , %) зразків сої овочевої, 2023–2025 рр.**

| №  | Назва сорту      | Тривалість вегетації, діб* | Маса насіння, г/м <sup>2</sup> * | Коефіцієнт кореляції ( $r$ ) | Коефіцієнт мінливості ( $V$ , %) | Інтерпретація адаптивної реакції                           |
|----|------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1  | Кобра (стандарт) | 78–83                      | 155–200                          | 0,72                         | 12,2                             | Стабільне зростання маси насіння за подовження вегетації   |
| 2  | Fiskeby V        | 87–99                      | 198–230                          | $-0,65$                      | 7,9                              | Зниження продуктивності за подовження вегетації            |
| 3  | Karikachi        | 85–90                      | 182–270                          | $-0,40$                      | 20,4                             | Вплив умов року переважає над тривалістю вегетації         |
| 4  | Фора             | 84–95                      | 220–356                          | 0,88                         | 26,9                             | Виражена позитивна реакція, висока варіабельність          |
| 5  | Веста            | 84–94                      | 195–254                          | 0,60                         | 14,3                             | Помірна пластичність, стабільна реакція                    |
| 6  | 20/25            | 83–93                      | 154–256                          | $-0,80$                      | 29,1                             | Подовження періоду не забезпечує приросту врожайності      |
| 7  | Sac              | 80–90                      | 232–352                          | 0,91                         | 20,0                             | Найбільш виражена позитивна реакція                        |
| 8  | Л 361-1-13       | 80–85                      | 209–328                          | 0,75                         | 24,4                             | Висока реалізація потенціалу за варіабельних умов          |
| 9  | Л 362-2-13       | 88–99                      | 275–312                          | 0,65                         | 6,6                              | Висока стабільність і позитивна тенденція                  |
| 10 | Л 364-2-13       | 85–91                      | 220–252                          | 0,50                         | 6,8                              | Помірна адаптивна реакція, низька мінливість               |
| 11 | Л 368-3-13       | 85–111                     | 232–332                          | 0,55                         | 18,6                             | Підвищена екологічна мінливість                            |
| 12 | Л 380-2-13       | 90–101                     | 299–324                          | 0,70                         | 4,0                              | Висока стабільна продуктивність, мінімальна варіабельність |

*Примітка\** Показники тривалості вегетації та маси насіння подано як інтервал варіювання с що відображає їх зміну за роками досліджень

380-2-13) середня маса насіння зростає – від 181,0 г/м<sup>2</sup> до 309,7 г/м<sup>2</sup>. Коефіцієнт кореляції між середньою тривалістю вегетації та продуктивністю знаходиться в межах 0,60 – 0,91, що свідчить про суттєвий вплив генотипу та умов року.

Загалом, подовження періоду вегетації сприяє підвищенню продуктивності. Пояснюється це довшим періодом фотосинтетичної активності та накопиченням сухої речовини. Однак зв'язок не є абсолютно лінійним, оскільки врожайність також формується генотипом і реакцією сорту на екологічні умови, що вказує на необхідність комплексної оцінки селекційного матеріалу (табл. 2).

Встановлено, що більшість досліджуваних зразків (9 із 12) характеризуються позитивним кореляційним зв'язком різної сили ( $r = 0,50\text{--}0,91$ ), що свідчить про зростання продуктивності за подовження періоду вегетації.

Найвищі значення коефіцієнта кореляції виявлено у зразків Sac ( $r = 0,91$ ) та Фора ( $r = 0,88$ ), що вказує на їхню виражену реакцію на подовження вегетації та здатність формувати підвищену масу насіння за сприятливих умов року. Подібний тип адаптивності характерний також для ліній Л 361-1-13 ( $r = 0,75$ ), Л 380-2-13 ( $r = 0,70$ ) та стандарту Кобра ( $r = 0,72$ ). Зазначені генотипи мають високу селекційну цінність як джерела поєднання продуктивності та екологічної пластичності.

Група зразків із помірним позитивним зв'язком – Л 362-2-13 ( $r = 0,65$ ), Веста ( $r = 0,60$ ), Л 368-3-13 ( $r = 0,55$ ) та Л 364-2-13 ( $r = 0,50$ ) – характеризується прогнозованою, але менш вираженою реакцією на зміну тривалості вегетації. Їх продуктивність у значній мірі визначається комплексом абіотичних чинників середовища, що свідчить про середній рівень адаптивності та стабільності.

Натомість зразки з негативним типом кореляційного зв'язку – 20/25 ( $r = -0,80$ ), Fiskeby V ( $r = -0,65$ ) та Karikachi ( $r = -0,40$ ) – не демонструють приросту продуктивності або навіть супроводжується її зниженням за подовження вегетаційного періоду. Отримані дані можуть свідчити про їхню чутливість до стресових умов тривалого періоду або залежність продуктивності від інших екологічних чинників. Такі генотипи з негативним типом зв'язку можуть бути використані в селекції на скоростиглість та адаптацію до стресових умов, що особливо актуально за тенденцій кліматичної нестабільності.

Отже, встановлена різноспрямованість кореляційної реакції підтверджує наявність значного внутрішньовидового різноманіття за характером взаємозв'язку «тривалість вегетації – продуктивність». Генотипи з високими позитивними значеннями коефіцієнта кореляції є перспективними для селекції на підвищення врожайності в умовах достатнього агрокліматичного ресурсу, тоді як зразки з негативним типом зв'язку – становлять інтерес для створення адаптованих скоростиглих сортів.

**Висновки.** Зразок Л 380-2-13 вирізняється найбільш збалансованим поєднанням високої продуктивності та екологічної стабільності, що підтверджується найнижчим значенням коефіцієнта мінливості ( $V = 4,0\%$ ) і сильним кореляційним зв'язком ( $r = 0,70$ ) між досліджуваними показниками.

Зразки з дуже високими абсолютними значеннями коефіцієнта кореляції ( $r = 0,88$  – Фора;  $r = 0,91$  – Sac) характеризуються підвищеною екологічною залежністю прояву ознак, що забезпечує ефективну реалізацію потенціалу продуктивності за інтенсивних умов вирощування, однак може супроводжуватися підвищеною варіабельністю показників у нестабільних кліматичних умовах Південного Степу України.

Комплексний аналіз фенотипової та екологічної мінливості маси насіння з 1 м<sup>2</sup> із використанням коефіцієнта варіації ( $V$ , %) та коефіцієнта кореляції ( $r$ ) з тривалістю періоду вегетації дозволив чітко диференціювати досліджувані генотипи за рівнем адаптивності. Найвищою екологічною стабільністю характеризуються лінії Л 380-2-13 ( $V 4,0\%$ ;  $r = 0,76$ ), Л 362-2-13 ( $V 6,6\%$ ;  $r = 0,84$ ) та Л 364-2-13 ( $V 6,8\%$ ;  $r = 0,94$ ), які забезпечували вирівнювану реалізацію продуктивного потенціалу за роками досліджень. Високою продуктивністю, але підвищеною екологічною чутливістю відзначилися Sac, Фора, Karikachi, 20/25 та Л 361-1-13, для яких характерні високі значення  $V$  (понад 20 %) та сильна кореляційна залежність ( $r \geq 0,93$ ). Стандарт Кобра і сорт Веста проявили середній рівень мінливості та помірну реакцію на зміну тривалості вегетаційного періоду.

Натомість зразки з негативним типом зв'язку можуть бути використані в селекції на скоростиглість та адаптацію до стресових умов, що особливо актуально за тенденцій кліматичної нестабільності.

Генотипи з критерієм оцінки  $r \geq 0,65$  при  $V \leq 10\%$  (або близько до цього рівня) відзначаються низькою міжрічною варіабельністю продуктивності, що свідчить про високий рівень гомеостатичності. Особливої селекційної цінності набувають лінії Л 380-2-13 та Л 362-2-13, які поєднують позитивний кореляційний зв'язок із мінімальною мінливістю, забезпечуючи стабільну реалізацію потенціалу за різних умов років. Вони є перспективними для створення сортів інтенсивного типу з прогнозованою продуктивністю.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Carneiro R., Duncan S., O'Keefe S., et al. Utilizing Consumer Perception of Edamame to Guide New Variety Development. *Front. Sustain. Food Syst.* 2021. Vol. 4. P. 556–580. doi: 10.3389/fsufs.2020.556580.
2. Carneiro R.C.V., Drape T.A., Neill C.L., et al. Assessing Consumer Preferences and Intentions to Buy Edamame Produced in the U.S. *Front. Sustain. Food Syst.* 2022. 5:736247. doi: 10.3389/fsufs.2021.736247
3. Yu D., Lord N., Polk J., et al. Physical and chemical properties of edamame during bean development and application of spectroscopy-based machine learning methods to predict optimal harvest time. *Food Chem.* 2022 Jan 30;368:130799. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.130799.
4. Zhang B., Lord N., Kuhar T., et al. A vegetable soybean cultivar for commercial edamame production in the mid-Atlantic USA. *J. Plant Regist.* 2021. P. 1–5. doi: 10.1002/plr.20140.
5. Jankauskienė J., Brazaitytė A., Vaštakaitė-Kairienė V. Potential of vegetable soybean cultivation in Lithuania. *Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj-Napoca.* 2021. Vol. 49. 12267. doi: 10.15835/nbha49112267.

6. Ky H., Giang V.Q., Hien N.L., Chau T.N. Variation in phenotypic and genotypic characteristics of the soybean collection at Can Tho University. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 2022. 44(5):1164-1224. DOI:10.14456/sjst-psu.2022.152.
7. Zuo X., Zhao R., Wu M., et al. Soy consumption and the risk of type 2 diabetes and cardiovascular diseases: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*. 2023. 15, 1358. doi: 10.3390/nu15061358.
8. Fan Y., Wang M., Li Z., et al. Intake of Soy, Soy Isoflavones and Soy Protein and Risk of Cancer Incidence and Mortality. *Front Nutr*. 2022. 4;9:847421. doi: 10.3389/fnut.2022.847421.
9. Jayachandran M., Xu B. An insight into the health benefits of fermented soy products. *Food Chem*. 2019. 271, 362–371. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.07.158.
10. Woyann L.G., Meira D., Matei G., Zdzarski A.D., Dallacorte L.V., Madella L.A., Benin G. Selection indexes based on linear-bilinear models applied to soybean breeding. *Agronomy Journal*. 2020. DOI:10.2134/agronj2019.05.0345.
11. Mehmood K., Khan D., Saeed M., et al. Phenotypic and genetic characterization of soybean (*Glycine max*) genotypes for yield and drought stress tolerance. *Journal of Pure and Applied Agriculture*. 2023. 8(3): 22-33.
12. Chakelie G., Atnaf M., Abate A. Assessment of Genetic Variability in Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) Genotypes at Gondar, Ethiopia. *Ethiopian Journal of Agricultural Sciences*. 2025. 34(4), 72–99. <https://www.ajol.info/index.php/ejas/article/view/289430>.
13. Shilpashree N., Devi S.N., Manjunathagowda D.C., et al. Morphological Characterization, Variability and Diversity among Vegetable Soybean (*Glycine max* L.). *Genotypes. Plants*. 2021. 10, 671. <https://doi.org/10.3390/plants10040671>.
14. Chakelie G., Atnaf M., Abate A. Assessment of Genetic Variability in Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) Genotypes at Gondar, Ethiopia. *Ethiop. J. Agric. Sci*. 2024. 34(4) 72-99.
15. Mitiku A., Gudina G., Yasin B., Abdu M. Comprehensive Assessment of Genetic Variability, Association Analysis, and Elucidation of Direct and Indirect Effects of Yield and Yield Contributing Traits From Diverse Exogenous Soybean (*Glycine max* L.) Genotypes in Jimma District, Southwest Ethiopia, *Advances in Agriculture*, 2025, 2865503, 13 pages, 2025. <https://doi.org/10.1155/aia/2865503>.
16. Волкодав В. В. Методика державного сортовицпробування сільськогосподарських культур. Випуск третій (олійні, технічні, прядильні та кормові культури). Київ: Алефа, 2001. 76 с.
17. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях / Р. А. Вожегова та ін. Херсон: Вид-во Грін Д. С., 2014. 286 с.
18. Широкий уніфікований класифікатор роду *Glycine max* (L.) Мегг. / Кобизєва Л. Н., Рябчун В. К., Безугла О. М., Дрепін Т. О., Дрепін І. М., Потьомкіна Л. М., Сокол Т. В., Божко Т. М., Садовой О. О., Білявська Л. Г. Харків, 2004. 38 с.
19. Ідентифікація ознак зернобобових культур / Кириченко В.В., Кобизєва Л.Н., Петренкова В.П., Рябчун В.К. та ін. Харків, 2009. 174 с.
20. Ушкаренко В.О., Вожегова Р.А., Голобородько С.П., Коковіхін С.В. Методика польових дослідів (зрошуване землеробство). Херсон: Грін Д.С., 2004. 284 с.

## REFERENCES:

1. Carneiro, R., Duncan, S., O'Keefe, S., Yu, D., Huang, H., Yin, Y., Neill, C., Zhang, B., Kuhar, T., Rideout, S., Reiter, M., Ross, J., Chen, P. & Gillen, A. (2021). Utilizing Consumer Perception of Edamame to Guide New Variety Development. *Front. Sustain. Food Syst.* Vol. 4. P. 556–580. doi: 10.3389/fsufs.2020.556580.
2. Carneiro, R.C.V., Drape, T.A., Neill, C.L., Zhang, B., O'Keefe, S.F. & Duncan, S.E. (2022). Assessing Consumer Preferences and Intentions to Buy Edamame Produced in the U.S. *Front. Sustain. Food Syst.* 5:736247. doi: 10.3389/fsufs.2021.736247.
3. Yu, D., Lord, N., Polk, J., Dhakal, K., Li, S., Yin, Y., Duncan, S.E., Wang, H., Zhang, B., & Huang, H. (2022). Physical and chemical properties of edamame during bean development and application of spectroscopy-based machine learning methods to predict optimal harvest time. *Food Chem.* Jan 30;368:130799. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.130799.
4. Zhang, B., Lord, N., & Kuhar, T., et al. (2021). A vegetable soybean cultivar for commercial edamame production in the mid-Atlantic USA. *J. Plant Regist.* P. 1–5. doi: 10.1002/plr2.20140.
5. Jankauskienė, J., Brazaitytė, A., & Vaštakaitė-Kairienė, V. (2021). Potential of vegetable soybean cultivation in Lithuania. *Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj-Napoca*. Vol. 49. 12267. doi: 10.15835/nbha49112267.
6. Ky, H., Giang, V.Q., Hien, N.L., & Chau, T.N. (2022). Variation in phenotypic and genotypic characteristics of the soybean collection at Can Tho University. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 44(5):1164-1224. DOI:10.14456/sjst-psu.2022.152.
7. Zuo, X., Zhao, R., Wu, M., Wan, Q., & Li, T. (2023). Soy consumption and the risk of type 2 diabetes and cardiovascular diseases: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*. 15, 1358. doi: 10.3390/nu15061358.
8. Fan, Y., Wang, M., & Li, Z., et al. (2022). Intake of Soy, Soy Isoflavones and Soy Protein and Risk of Cancer Incidence and Mortality. *Front Nutr*. 4;9:847421. doi: 10.3389/fnut.2022.847421.
9. Jayachandran, M., & Xu, B. (2019). An insight into the health benefits of fermented soy products. *Food Chem*. 271, 362–371. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.07.158.
10. Woyann, L.G., Meira, D., & Matei, G., et al. (2020). Selection indexes based on linear-bilinear models applied to soybean breeding. *Agronomy Journal*. DOI:10.2134/agronj2019.05.0345.
11. Mehmood, K., Khan, D., & Saeed, M., et al. (2023). Phenotypic and genetic characterization of soybean (*Glycine max*) genotypes for yield and drought stress tolerance. *Journal of Pure and Applied Agriculture*. 8(3): 22-33.
12. Chakelie, G., Atnaf, M. & Abate, A. (2025). Assessment of Genetic Variability in Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) Genotypes at Gondar, Ethiopia. *Ethiopian Journal of Agricultural Sciences*. 34(4), 72–99.
13. Shilpashree, N., Devi, S.N., & Manjunathagowda, D.C., et al. (2021). Morphological Characterization, Variability and Diversity among Vegetable Soybean (*Glycine max*

- L.). *Genotypes. Plants*. 10, 671. <https://doi.org/10.3390/plants10040671>
14. Chakelie, G., Atnaf, M. & Abate, A. (2024). Assessment of Genetic Variability in Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) Genotypes at Gondar, Ethiopia. *Ethiop. J. Agric. Sci.* 34(4) 72-99
  15. Mitiku, A., Gudina, G., Yasin, B., & Abdu, M. (2025). Comprehensive Assessment of Genetic Variability, Association Analysis, and Elucidation of Direct and Indirect Effects of Yield and Yield Contributing Traits From Diverse Exogenous Soybean (*Glycine max* L.) Genotypes in Jimma District, Southwest Ethiopia. *Advances in Agriculture*, 2865503, 13. <https://doi.org/10.1155/aia/2865503>
  16. Volkodav, V.V. (2001). *Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur. Vypusk tretii (oliini, tekhnichni, priadylni ta kormovi kultury) [Methodology of state variety testing of agricultural crops. Issue three (oil, technical, spinning and fodder crops)]*. Kyiv, 76 [in Ukrainian].
  17. Vozhehova, R.A.(Eds.). (2014). *Metodyka polovoykh i laboratornykh doslidzhen na zroshuvanykh zemliakh [Methods of field and laboratory research on irrigated lands]*. Kherson: Green D.S., 286 [in Ukrainian].
  18. Kobzyeva, L.N., Ryabchun, V.K., Bezugla, O.M., Drepina, T.O., Drepin, I.M, Potemkina, L.M., Sokol, T.V., Bozhko, T.M., Sadovoy, O.O. & Biliavska, L.G. (2004). *Shyrokyi unifikovanyi klasyfikator rodu [Broad unified classifier of the genus Glycine max. (L.) Merr.]*. Kharkiv, 36 [in Ukrainian].
  19. Kirichenko, V.V., Kobzyeva, L.N., Petrenkova, V.P., & Riabchun, V.K. et al. (2009). *Identyfikatsiia oznak zernobobovykh kultur [Identification of signs of legumes]*. Kharkiv, 174 [in Ukrainian].
  20. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborodko, S.P. & Kokovikhin, S.V. (2004). *Metodyka polovoho doslidu (Zroshuvane zemlerobstvo) [Field experiment methodology (Irrigated agriculture)]*. Kherson: Grin D.S., 284 [in Ukrainian].

**Боровик В.О., Гура В.В. Оцінка фенотипової й екологічної мінливості зразків сої овочевої за тривалістю періоду вегетації та продуктивністю**

**Мета** досліджень – висвітлення питання фенотипової та екологічної мінливості зразків сої овочевої за тривалістю періоду вегетації та продуктивністю з ціллю формування науково обґрунтованого матеріалу, придатного для селекції адаптивних та високопродуктивних сортів. **Методи** досліджень польові, лабораторні, статистичні. **Результати досліджень.** Виявлено, що показники стандартного відхилення та коефіцієнта варіації підтверджують різний рівень екологічної стабільності досліджуваних генотипів. Найбільшою стабільністю характеризувалися лінії Л 380-2-13 ( $V = 4,0\%$ ), Л 362-2-13 ( $V = 6,6\%$ ) та Л 364-2-13 ( $V = 6,8\%$ ), а також сорт Fiskeby V ( $7,9\%$ ). Високу варіабельність відмічено у зразків 20/25 ( $29,1\%$ ), Форс ( $26,9\%$ ) та Л 361-1-13 ( $24,4\%$ ). У решти зразків спостерігався середній рівень мінливості ( $V = 11\text{--}25\%$ ). Найвищу середню врожайність формували зразки Л 380-2-13, Sac, Л 362-2-13 і Форс, проте не всі вони поєднували високу продуктивність зі стабільністю, що необхідно враховувати при доборі вихідного матеріалу для умов із нестійким середовищем. Аналіз взаємозв'язку між тривалістю вегетації та масою насіння з  $1\text{ м}^2$  у зразків сої овочевої за 2023–2025

рр. засвідчив наявність істотної генотипової диференціації за характером кореляційної реакції. Значення коефіцієнта кореляції ( $r$ ), варіювали від  $-0,80$  до  $0,91$ . Більшість досліджуваних зразків (9 із 12) характеризується позитивним кореляційним зв'язком різної сили ( $r = 0,50\text{--}0,91$ ), що свідчить про зростання продуктивності за подовження періоду вегетації. Найвищі значення коефіцієнта кореляції виявлено у зразків Sac ( $r = 0,91$ ) та Форс ( $r = 0,88$ ), що вказує на їхню виражену реакцію на подовження вегетації та здатність формувати підвищену масу насіння за сприятливих умов року. Подібний тип адаптивності характерний також для ліній Л 361-1-13 ( $r = 0,75$ ), Л 380-2-13 ( $r = 0,70$ ) та стандарту Кобра ( $r = 0,72$ ). Зазначені генотипи мають високу селекційну цінність як джерела поєднання продуктивності та екологічної пластичності. **Висновки.** Встановлена різноспрямованість кореляційної реакції підтверджує наявність значного внутрішньовидового різноманіття за характером взаємозв'язку «тривалість вегетації – продуктивність». Генотипи з високими позитивними значеннями коефіцієнта кореляції є перспективними для селекції на підвищення врожайності в умовах достатнього агрокліматичного ресурсу, представляють високу селекційну цінність як джерела поєднання продуктивності та екологічної пластичності. Тоді як зразки з негативним типом зв'язку – становлять інтерес для створення адаптованих скоростиглих сортів, можуть бути використані в селекції на скоростиглість та адаптацію до стресових умов, що особливо актуально за тенденцій кліматичної нестабільності.

**Ключові слова:** вегетаційний період, маса насіння з  $1\text{ м}^2$ , стабільність, мінливість, кореляція.

**Borovyk V.O., Gura V.V. Assessment of phenotypic and ecological variability of vegetable soybean samples by the duration of the vegetation period and productivity**

The purpose of the research is to highlight the issue of phenotypic and ecological variability of vegetable soybean samples by the duration of the vegetation period and productivity with the aim of forming scientifically substantiated material suitable for breeding adaptive and high-yielding varieties. **Research methods:** field, laboratory, statistical. **Research results.** It was found that the standard deviation and coefficient of variation indicators confirm the different level of ecological stability of the studied genotypes. The lines L 380-2-13 ( $V = 4.0\%$ ), L 362-2-13 ( $V = 6.6\%$ ) and L 364-2-13 ( $V = 6.8\%$ ), as well as the Fiskeby V variety ( $7.9\%$ ) were characterized by the greatest stability. High variability was observed in samples 20/25 ( $29.1\%$ ), Fors ( $26.9\%$ ) and L 361-1-13 ( $24.4\%$ ). The remaining samples had an average level of variability ( $V = 11\text{--}25\%$ ).

The highest average yield was formed by samples L 380-2-13, Sac, L 362-2-13 and Fors, but not all of them combined high productivity with stability, which must be taken into account when selecting starting material for conditions with an unstable environment. Analysis of the relationship between the duration of vegetation and the mass of seeds per  $1\text{ м}^2$  in vegetable soybean samples for 2023–2025 showed the presence of significant genotypic differentiation by the nature of the correlation reaction. The values of the correlation coefficient ( $r$ ) varied from  $-0.80$  to  $0.91$ . Most of the studied samples (9 out of 12) are characterized by a positive correlation of varying strength ( $r = 0.50\text{--}0.91$ ), which indicates an increase in productivity with an extension of the growing season. The highest

values of the correlation coefficient were found in the samples Sac ( $r = 0.91$ ) and Fora ( $r = 0.88$ ), which indicates their pronounced reaction to the extension of the growing season and the ability to form an increased seed mass under favorable conditions of the year. A similar type of adaptability is also characteristic of the lines L 361-1-13 ( $r = 0.75$ ), L 380-2-13 ( $r = 0.70$ ) and the standard Cobra ( $r = 0.72$ ). These genotypes have a high breeding value as a source of combining productivity and ecological plasticity. **Conclusions.** The established multidirectionality of the correlation reaction confirms the presence of significant intraspecific diversity in the nature of the relationship

"vegetation duration – productivity". Genotypes with high positive values of the correlation coefficient are promising for breeding to increase yield in conditions of sufficient agroclimatic resources, represent a high breeding value as a source of combining productivity and ecological plasticity. While samples with a negative type of connection are of interest for creating adapted early-ripening varieties, can be used in breeding for early maturity and adaptation to stressful conditions, which is especially relevant in the context of trends in climatic instability.

**Key words:** growing season, seed mass per 1 m<sup>2</sup>, stability, variability, correlation.

Дата першого надходження статті до видання: 15.04.2026  
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026  
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## ОЦІНКА ГІБРИДУ ЯРОГО РІПАКУ «КУЛЬТУС КЛ» ЗА ОЗНАКАМИ ВРОЖАЙНОСТІ ПІД ДІЄЮ РЕГУЛЯТОРА РОСТУ

ГУДИМ О.В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

*orcid.org/0000-0002-0733-3006*

Державний біотехнологічний університет

**Постановка проблеми.** Ріпак ярий (*Brassica napus* L.) є важливою олійною культурою з високим продукційним потенціалом, реалізація якого визначається взаємодією генотипу, умов вирощування та елементів технології, зокрема застосуванням регуляторів росту [1; 2].

Регулятори росту істотно впливають на фізіолого-біохімічні процеси рослин, активізують фотосинтез, формування генеративних органів і накопичення біомаси, що сприяє підвищенню врожайності та якості насіння, особливо за умов абіотичного стресу [3]. Їх використання також може забезпечувати зростання олійності та продуктивності рослин за дефіциту вологи [4].

Водночас ефективність дії регуляторів росту залежить від генотипу, оскільки різні сорти та гібриди неоднаково реагують на їх застосування [5]. Важливе значення у формуванні врожаю мають також архітекtonіка рослин і параметри посіву [6].

Незважаючи на наявні дослідження, реакція сучасних гібридів ярого ріпаку, зокрема «Культус», на дію регуляторів росту в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах залишається недостатньо вивченою, що зумовлює актуальність подальших досліджень.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У сучасних наукових дослідженнях значна увага приділяється підвищенню продуктивності ріпаку (*Brassica napus* L.) за рахунок застосування регуляторів росту, які здатні модифікувати фізіологічні та біохімічні процеси рослин [7; 8].

Так, у роботах Parviz Hosseini, Kamran Mohsenifar, Majid Rajaie та Teimour Babaeinejad [9] встановлено, що застосування регуляторів росту (гумінових, амінокислотних, фульвокислот та екстрактів морських водоростей) суттєво покращує біохімічні показники ріпаку, зокрема вміст хлорофілу, цукрів і проліну, а також підвищує вихід олії та врожайність насіння навіть за умов посухи. Зокрема, приріст урожаю олії за дії комплексу регуляторів становив до 254 кг/га порівняно з контролем.

Дослідження, опубліковані у журналі *PLOS One* науковцями Shah A. N., Tanveer M., Rehman A. [10], демонструють, що поєднання регуляторів росту з мінеральним живленням забезпечує істотне зростання показників структури врожаю – кількості стручків, маси насіння та загальної продуктивності рослин ріпаку. Це підтверджує важливість комплексного підходу до регуляції ростових процесів.

У працях Diepenbrock W. [10] доведено, що врожайність ріпаку формується через взаємодію морфологічних ознак (гілкування, кількість стручків, маса насіння), які можуть ефективно регулюватися агротехнічними заходами, зокрема застосуванням регуляторів росту. Автор підкреслює, що оптимізація архітекtonіки рослин є ключовим резервом підвищення врожайності.

Водночас дослідження Guo X. [11] та співавторів показали, що генотип рослин істотно впливає на ефективність використання елементів живлення та формування врожаю. Встановлено, що різні генотипи ріпаку мають неоднакову реакцію на агротехнічні фактори, що зумовлює необхідність індивідуальної оцінки гібридів за умов застосування регуляторів росту.

Крім того, у дослідженнях Khan M. A. H., Rahman M. та співавторів [12] встановлено, що застосування гіберелінової кислоти (GA<sub>3</sub>) та індолілоцтової кислоти (IAA) сприяє підвищенню показників структури врожаю (кількості стручків і насіння), що в кінцевому підсумку забезпечує істотне зростання врожайності олійних культур.

Отже, аналіз літературних джерел свідчить, що регулятори росту є ефективним інструментом підвищення продуктивності ріпаку, однак їх дія значною мірою залежить від генотипу рослин та умов вирощування. Незважаючи на значну кількість досліджень, недостатньо вивченими залишаються питання реакції сучасних гібридів ярого ріпаку, зокрема гібриду «Культус КЛ», на застосування регуляторів росту в умовах Лісостепу України, що й обумовлює актуальність подальших досліджень у цьому напрямі.

**Метою наших досліджень** було визначення впливу різних доз регулятора росту на показники росту, розвитку, врожайності та продуктивності рослин ярого ріпаку гібриду «Культус КЛ».

**Матеріали та методи досліджень.** Дослідження проводились у 2024–2025 роках на дослідному полі кафедри генетики, селекції та насінництва Державного біотехнологічного університету.

Об'єктом досліджень був гібрид ярого ріпаку «Культус КЛ» (НПЦ «Лембке») та регулятор росту Тілмор 240 КЕ, який застосовували у нормах 0,75 л/га та 1,2 л/га. Площа посівної ділянки становила 50,4 м<sup>2</sup>, облікової – 36 м<sup>2</sup>, дослід проводили у чотириразовій повторності. Схему досліду формували за послідовного розміщення варіантів у межах повторень, які були організовані у дві смуги.





Польові дослідження закладали відповідно до загальноприйнятих методик проведення польового експерименту. Погодні умови в період 2024–2025 рр. у характеризувалися підвищеним температурним режимом та нерівномірним зволоженням.

У 2024 році весняний період характеризувався загальом сприятливими гідротермічними умовами. Кількість опадів становила 43,4 мм, що відповідало середньобаторічному показнику (43,7 мм), тоді як середньомісячна температура повітря дорівнювала 18,4 °С і перевищувала кліматичну норму на 2,2 °С. Такі умови сприяли активізації початкових етапів росту рослин і формуванню високого рівня насінневої продуктивності.

Весняний період 2025 року відзначався зниженням температурним фоном: середня температура травня становила 13,5 °С, що було нижче за середньобаторічний показник (15,1 °С). Водночас у цей період спостерігалось значне перевищення норми опадів – 108,3 мм проти 48 мм, що забезпечило достатній рівень вологозабезпечення ґрунту. Літні періоди обох років характеризувалися підвищеними середньодобовими температурами, що впливало на інтенсивність ростових процесів рослин ріпаку ярого.

Загалом погодні умови досліджуваного періоду були недостатньо сприятливими для росту і розвитку рослин та характеризувалися проявом абіотичних стресів, зокрема високих температур і дефіциту вологи.

Обприскування ріпаку ярого проводили агрегатом у складі трактора МТЗ-82.1 і обприскувача «СТЕП-2500», при нормі витрати приготовленого розчину 200 л/га. Рослини ріпаку за такої технології добре гілкувалися, закладали достатню кількість стручків з високою масою 1000 насінин.

Збирання врожаю ріпаку ярого проводили у фазі повної стиглості прямим комбайнуванням комбайном Дон 1500 Б, що обладнаний ріпаковим столом (6 м). Аналізи вмісту жиру в насінні ріпаку ярого проводили в лабораторії підприємства ТОВ СП «Нібулон», ваговим методом в апараті Сокслета SoxROC.

Статистичну обробку експериментальних даних виконували з використанням програмних пакетів Microsoft Excel та Statistica 6, що забезпечило достовірність оцінки впливу досліджуваних факторів на прояв господарсько цінних ознак.

**Результати досліджень.** Проведені в ході досліджень спостереження засвідчили, що інтенсивність росту рослин ярого ріпаку значною мірою визначалася погодними умовами, які формувалися протягом вегетаційного періоду культури.

За результатами експериментальних досліджень встановлено, що у контрольному варіанті висота рослин

ярого ріпаку у фазі розетки (6–8 листків) становила 8,7 см. Інтенсивність ростових процесів значною мірою визначалася погодними умовами, що склалися протягом вегетаційного періоду (табл. 1).

Встановлено, що у фазі бутонізації висота рослин ярого ріпаку гібрида «Культус КЛ» залежно від варіанта досліді варіювала в межах 90,6–96,2 см. У фазі цвітіння найвищі показники (135,3 см) зафіксовано при застосуванні регулятора росту Тілмор 240 КЕ у нормі 1,2 л/га, тоді як у контрольному варіанті висота рослин становила 128,3 см.

Результати досліджень свідчать про наявність прямої залежності між нормою внесення регулятора росту Тілмор 240 КЕ та показниками росту рослин ярого ріпаку гібрида «Культус КЛ».

Формування високої врожайності сільськогосподарських культур забезпечується за умов комплексного, своєчасного та якісного регулювання факторів життєдіяльності рослин, серед яких важливе значення мають елементи мінерального живлення та застосування регуляторів росту.

Застосування регулятора росту Тілмор 240 КЕ у фазі 4–7 листків сприяло оптимізації ростових процесів і формуванню продуктивності рослин (табл. 2).

Застосування регулятора росту Тілмор 240 КЕ у нормі 0,75 л/га у фазі 4–7 листків забезпечило збільшення кількості стручків на 1,7 шт./рослину порівняно з контролем, де цей показник становив 54,4 шт./рослину. Кількість насінин у стручку при цьому зросла до 22,3 шт. проти 20,4 шт. у контрольному варіанті.

Найвищий приріст кількості стручків (2,7 шт./рослину) відмічено за внесення регулятора росту у нормі 1,2 л/га. За цих умов кількість насінин у стручку становила 21,3 шт., що також перевищувало контрольний рівень.

Встановлено позитивний вплив досліджуваних варіантів на масу 1000 насінин: за застосування Тілмор 240 КЕ у нормі 0,75 л/га цей показник становив 4,13 г, тоді як максимальне значення (4,16 г) отримано при нормі 1,2 л/га, що перевищувало контроль (4,10 г).

Отримані результати свідчать про ефективність застосування регулятора росту Тілмор 240 КЕ у технології вирощування ярого ріпаку. Зокрема, використання препарату у нормі 0,75 л/га забезпечило приріст урожайності на рівні 0,56 т/га порівняно з контролем (табл. 3).

Застосування регулятора росту Тілмор 240 КЕ у нормі 1,2 л/га забезпечило формування врожайності ярого ріпаку на рівні 3,70 т/га, що супроводжувалося істотним приростом відносно контролю (без обробки) – 0,76 т/га.

Таблиця 1.

**Динаміка висоти рослин гібриду «Культус КЛ» залежно від дії регулятора росту (середнє за 2024–2025 рр.)**

| № п/п | Варіант                 | Мікростадія за ВВСН |       |       |       |
|-------|-------------------------|---------------------|-------|-------|-------|
|       |                         | 23–25               | 50–59 | 60–69 | 78–80 |
| 1     | Контроль (без обробки ) | 17,1                | 90,6  | 128,3 | 134,6 |
| 2     | Тілмор 240 – 0,75л/га   | 18,7                | 92,4  | 130,1 | 135,4 |
| 3     | Тілмор 240 – 1,2 л/га   | 20,7                | 96,2  | 135,3 | 138,8 |

Таблиця 2.

Формування елементів структури врожаю ярого ріпаку гібриду «Культус КЛ» залежно від застосування регулятора росту. (середнє за 2024–2025 рр.)

| № п/п | Варіант                 | Кількість                  |                          | Маса 1000 насінин, г |
|-------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------|
|       |                         | стручків на 1 рослині, шт. | насінин в 1 стручку, шт. |                      |
| 1     | Контроль (без обробки ) | 54,4                       | 20,4                     | 4,10                 |
| 2     | Тілмор 240 – 0,75л/га   | 56,1                       | 20,8                     | 4,13                 |
| 3     | Тілмор 240 – 1,2 л/га   | 57,1                       | 21,3                     | 4,16                 |
|       | HIP <sub>05</sub>       | 1,05                       | 0,046                    | 0,035                |

Таблиця 3.

Урожайність і якість насіння ярого ріпаку як селекційно цінні ознаки залежно від норм застосування регулятора росту (середнє за 2024–2025 рр.)

| № п/п | Варіант                 | Урожайність, т/га | Приріст до контролю, т/га (+/-) | Вміст «сирого» жиру, % | Вміст «сирого» протеїну, % |
|-------|-------------------------|-------------------|---------------------------------|------------------------|----------------------------|
| 1     | Контроль (без обробки ) | 2,94              | –                               | 44,1                   | 25,2                       |
| 2     | Тілмор 240 – 0,75л/га   | 3,50              | 0,56                            | 45,3                   | 25,3                       |
| 3     | Тілмор 240 – 1,2 л/га   | 3,70              | 0,76                            | 45,9                   | 25,8                       |
|       | HIP <sub>05</sub>       | 0,76              |                                 | 0,35                   | 0,174                      |

На цьому варіанті також відмічено покращення якісних показників насіння: вміст сирого жиру зріс на 1,8 % (порівняно з 44,1 % у контролі), а сирого протеїну – на 0,4 % (проти 25,2 % у контролі). На інших варіантах вміст сирого жиру становив близько 45,3 %, а сирого протеїну – 25,3 %.

Підвищення продуктивності обумовлене змінами елементів структури врожаю, які формуються під впливом генотипу, ґрунтово-кліматичних умов та технологічних заходів вирощування. З метою обґрунтування рівня врожайності гібриду «Культус КЛ» проведено аналіз основних елементів структури врожаю залежно від застосування регулятора росту Тілмор 240 КЕ.

**Висновки.** За результатами проведених досліджень встановлено, що застосування регулятора росту Тілмор 240 КЕ, зокрема у нормі 1,2 л/га, сприяє інтенсифікації ростових процесів, збільшенню висоти рослин (до 135,3 см у фазі цвітіння), підвищенню врожайності (до 3,70 т/га) з істотним приростом порівняно з контролем (0,76 т/га), а також покращенню якісних показників насіння – зростанню вмісту сирого жиру на 1,8 % та протеїну на 0,4 %. Отримані результати підтверджують ефективність використання регулятора росту як елемента технології вирощування та мають селекційне значення як критерії добору високопродуктивних генотипів із підвищеними показниками якості продукції.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Basra A.S. *Plant Growth Regulators in Agriculture and Horticulture: Their Role and Commercial Uses*. New York: Food Products Press, 2000. 264 p.
- Rademacher W. Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2015. Vol. 34. P. 845–872. DOI: 10.1007/s00344-015-9541-6.
- Zhang X., Schmidt R.E. Physiological responses of plants to seaweed extract-based biostimulants. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2000. Vol. 19. P. 173–182. DOI: 10.1007/s003440000023.
- Ashraf M., Foolad M.R. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*. 2007. Vol. 59. P. 206–216. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2005.12.006.
- Farooq M., Wahid A., Kobayashi N., Fujita D., Basra S.M.A. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*. 2009. Vol. 29. P. 185–212. DOI: 10.1051/agro:2008021.
- Peixoto F.P., Gomes-Laranjo J., Vicente J.A. et al. Biostimulants in agriculture: improving plant growth and stress tolerance. *Plants*. 2022. Vol. 11, № 5. P. 1–18. DOI: 10.3390/plants11050634.
- Kováčik J., Klejdus B. Dynamics of phenolic acids and lignin accumulation in metal-treated plants. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2008. Vol. 46. P. 87–94. DOI: 10.1016/j.plaphy.2007.10.007.
- Calvo P., Nelson L., Kloepper J.W. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*. 2014. Vol. 383. P. 3–41. DOI: 10.1007/s11104-014-2131-8.
- Hosseini P., Mohsenifar K., Rajaie M., Babaeinejad T. Plant growth regulators affecting canola biochemistry and oil yield under drought stress. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2023. Vol. 29. P. 1345–1358. DOI: 10.1007/s12298-023-01345-6.
- Shah A. N., Tanveer M., Rehman A., Anjum S. A., Iqbal J., Ahmad R. Exploration of physiological and biochemical processes of canola with fertilizers and plant growth regulators. *PLOS One*. 2021. Vol. 16, № 12. Article e0260960. DOI: 10.1371/journal.pone.0260960.
- Diepenbrock W. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Field Crops Research*. 2000. Vol. 67. P. 35–49. DOI: 10.1016/S0378-4290(00)00082-4.
- Guo X., Li Y., Chen J. et al. Nitrogen utilization efficiency and yield formation in oilseed rape (*Brassica napus* L.).

*Functional Plant Biology*. 2021. Vol. 48. P. 1–12. DOI: 10.1071/FP20373.

13. Khan M.A.H., Rahman M., Kaisar M.O., Siddiky M.A., Haque S.R. Effect of plant growth regulators on growth and yield of mustard. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*. 2021. Vol. 46, № 2. P. 245–256. DOI: 10.3329/bjar.v46i2.51435.

#### REFERENCES:

1. Basra A.S. (2000). *Plant Growth Regulators in Agriculture and Horticulture: Their Role and Commercial Uses*. New York: Food Products Press, 264.
2. Rademacher W. (2015). Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. *Journal of Plant Growth Regulation*, 34, 845–872. DOI: 10.1007/s00344-015-9541-6.
3. Zhang X., Schmidt R.E. (2000). Physiological responses of plants to seaweed extract-based biostimulants. *Journal of Plant Growth Regulation*, 19, 173–182. DOI: 10.1007/s003440000023.
4. Ashraf M., Foolad M.R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59, 206–216. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2005.12.006.
5. Farooq M., Wahid A., Kobayashi N., Fujita D., Basra S.M.A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 185–212. DOI: 10.1051/agro:2008021.
6. Peixoto F.P., Gomes-Laranjo J., Vicente J.A. et al. (2022). Biostimulants in agriculture: improving plant growth and stress tolerance. *Plants*, 11(5), 1–18. DOI: 10.3390/plants11050634.
7. Kováčik J., Klejdus B. (2008). Dynamics of phenolic acids and lignin accumulation in metal-treated plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 46, 87–94. DOI: 10.1016/j.plaphy.2007.10.007.
8. Calvo P., Nelson L., Kloepper J.W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, 383, 3–41. DOI: 10.1007/s11104-014-2131-8.
9. Hosseini P., Mohsenifar K., Rajaie M., Babaeinejad T. (2023). Plant growth regulators affecting canola biochemistry and oil yield under drought stress. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 29, 1345–1358. DOI: 10.1007/s12298-023-01345-6.
10. Shah A. N., Tanveer M., Rehman A., Anjum S. A., Iqbal J., Ahmad R. (2021). Exploration of physiological and biochemical processes of canola with fertilizers and plant growth regulators. *PLOS One*, 16 (12). Article e0260960. DOI: 10.1371/journal.pone.0260960.
11. Diepenbrock W. (2000). Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. *Field Crops Research*, 67, 35–49. DOI: 10.1016/S0378-4290(00)00082-4.
12. Guo X., Li Y., Chen J. et al. (2021). Nitrogen utilization efficiency and yield formation in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Functional Plant Biology*, 48, 1–12. DOI: 10.1071/FP20373.
13. Khan M.A.H., Rahman M., Kaisar M.O., Siddiky M.A., Haque S.R. (2021). Effect of plant growth regulators on growth and yield of mustard. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 46(2), 245–256. DOI: 10.3329/bjar.v46i2.51435.

#### Гудим О.В. Оцінка гібриду ярого ріпаку «Культус КЛ» за ознаками врожайності під дією регулятора росту

**Мета.** Встановити вплив різних норм регулятора росту на формування ознак росту, розвитку, врожайності та продуктивності рослин ярого ріпаку гібриду «Культус КЛ» з метою оцінки можливостей реалізації його генетичного потенціалу.

**Методи.** Об'єктом досліджень був гібрид ярого ріпаку «Культус КЛ» (НПЦ «Лембке»), який оцінювали за реакцією на застосування регулятора росту Тілмор 240 КЕ у нормах 0,75 та 1,2 л/га. Дослід закладали за класичною схемою польового експерименту з чотириразовою повторністю; площа посівної ділянки становила 50,4 м<sup>2</sup>, облікової – 36 м<sup>2</sup>. Варіанти розміщували послідовно в межах повторень, організованих у дві смуги.

Обробку посівів проводили обприскуванням із використанням агрегату (трактор МТЗ-82.1 та обприскувач «СТЕП-2500») при нормі витрати робочого розчину 200 л/га. Збирання врожаю здійснювали у фазі повної стиглості методом прямого комбайнування (комбайн Дон-1500Б, обладнаний ріпаковим столом шириною 6 м).

**Результати.** Застосування регулятора росту Тілмор 240 КЕ зумовлює позитивну дозозалежну реакцію гібриду ярого ріпаку «Культус КЛ», що проявляється в інтенсифікації ростових процесів та підвищенні біометричних показників рослин. Максимальна висота рослин у фазі цвітіння (135,3 см) досягнута за норми 1,2 л/га, що перевищувало контроль.

Застосування препарату сприяло покращенню елементів структури врожаю, зокрема збільшенню кількості стручків на рослині, насінин у стручку та маси 1000 насінин, що забезпечило підвищення врожайності: за норми 0,75 л/га приріст становив 0,56 т/га, тоді як за норми 1,2 л/га досягнуто максимального рівня – 3,70 т/га з істотним перевищенням контролю.

Поряд із підвищенням продуктивності встановлено покращення якісних показників насіння: за норми 1,2 л/га вміст сирого жиру зріс до 45,9 % (проти 44,1 % у контролі), а сирого протеїну – до 25,6 % (проти 25,2 % у контролі).

**Висновки.** Встановлено, що застосування регулятора росту Тілмор 240 КЕ (1,2 л/га) забезпечує інтенсифікацію ростових процесів, підвищення врожайності ярого ріпаку до 3,70 т/га (приріст 0,76 т/га) та покращення якісних показників насіння (зростання вмісту сирого жиру на 1,8 % і протеїну на 0,4 %). Отримані результати свідчать про ефективність препарату як чинника реалізації генетичного потенціалу гібриду та можуть бути використані як селекційні критерії добору високопродуктивних генотипів.

**Ключові слова:** продуктивність, біометричні показники, структура врожаю, маса 1000 насінин, вміст олії, селекційна цінність.

#### Hudym O.V. Evaluation of the spring rapeseed hybrid 'Cultus CL' by yield-related traits under the effect of a plant growth regulator.

**Purpose.** To determine the effect of different rates of a plant growth regulator on the formation of growth, development, yield, and productivity traits of spring rapeseed plants of the hybrid 'Cultus CL' in order to assess the potential for realization of its genetic potential.

**Methods.** The object of the study was the spring rapeseed hybrid 'Cultus CL' (NPZ Lembke), evaluated for its response to the application of the plant growth regulator Tilmore 240 EC at rates of 0.75 and 1.2 L/ha. The experiment was established according to a classical field trial design with four replications; the total plot area was 50.4 m<sup>2</sup>, and the accounting area was 36 m<sup>2</sup>. The treatments were arranged sequentially within replications organized into two strips. Crop treatment was carried out by spraying using an arperate (MTZ-82.1 tractor and "STEP-2500" sprayer) with a working solution rate of 200 L/ha. Harvesting was performed at full maturity by direct combining (Don-1500B combine harvester equipped with a 6 m rapeseed header).

**Results.** The application of the plant growth regulator Tilmore 240 EC induced a positive dose-dependent response of the spring rapeseed hybrid Cultus CL, manifested in intensified growth processes and improved biometric parameters of plants. The maximum plant height at the flowering stage (135.3 cm) was recorded at the rate of 1.2 L/ha, exceeding the control.

The use of the regulator improved yield structure elements, particularly increasing the number of pods per plant,

seeds per pod, and thousand seed weight, which resulted in higher yield: at 0.75 L/ha the increase was 0.56 t/ha, while at 1.2 L/ha the maximum yield reached 3.70 t/ha, significantly exceeding the control.

Along with increased productivity, improvements in seed quality were observed: at 1.2 L/ha, crude fat content increased to 45.9% (compared to 44.1% in the control), and crude protein content increased to 25.6% (compared to 25.2% in the control).

**Conclusions.** It was established that the application of the plant growth regulator Tilmore 240 EC at 1.2 L/ha ensures intensification of growth processes, increases spring rapeseed yield up to 3.70 t/ha (yield gain of 0.76 t/ha), and improves seed quality (increase in crude fat content by 1.8% and protein by 0.4%). The obtained results confirm the effectiveness of the regulator as a factor in realizing the genetic potential of the hybrid and can be used as selection criteria for breeding high-yielding genotypes.

**Key words:** productivity, biometric parameters, yield structure, thousand seed weight, oil content, breeding value.

Дата першого надходження статті до видання: 22.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## ФОТОСИНТЕТИЧНІ ПАРАМЕТРИ КУКУРУДЗИ ТА СОЇ В МОНО- ТА БІНАРНИХ ПОСІВАХ

МОКРІЄНКО В.А. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
[orcid.org/0000-0002-5604-442X](https://orcid.org/0000-0002-5604-442X)

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Постановка проблеми.** Розробка нових та удосконалення існуючих елементів технології вирощування мають бути направлені на максимальне використання польовими культурами фотосинтетично активної радіації (ФАР). Збільшення поглинання сумарного надходження фотосинтетично активної радіації на 0,01% дозволяє підвищити урожайність кукурудзи від 3 до 6 ц/га, а сої – 1,5-3,0 ц/га відповідно. Однак, в умовах традиційного вирощування у монокультурі рівень використання ФАР залишається недостатньо ефективним через неповне змикання листового апарату, нерівномірне використання світлового режиму листками нижнього і середнього ярусів упродовж вегетації та конкуренцію рослин за фактори життєдіяльності. У зв'язку з цим, особливої актуальності набуває дослідження закономірностей росту й розвитку бінарних посівів кукурудзи та сої, які завдяки різній морфології та біологічним особливостям компонентів здатні більш повно використовувати фотосинтетично активну радіацію.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Фотосинтез є базовим фізіологічним процесом, що визначає продуктивність агроценозів, а ефективність його реалізації залежить від величини та функціональної активності асиміляційного апарату. За даними численних досліджень, оптимальна площа листової поверхні для кукурудзи забезпечується за значень LAI 4,0–4,5, що дозволяє поглинати 90–95% фотосинтетично активної радіації (ФАР). Перевищення цього рівня супроводжується зростанням респіраційних втрат і зниженням продуктивності на 3–6% при кожному додатковому 10% приросту LAI [1, 2, 3].

Кукурудза (*Zea mays* L.) як типова C<sub>4</sub>-рослина характеризується високою інтенсивністю фотосинтезу та чистою продуктивністю фотосинтезу на рівні 5,5–7,0 г/м<sup>2</sup>-добу в критичні фази розвитку. Найбільший внесок у формування врожаю забезпечує період від 15-го листка до цвітіння, на який припадає 35–40% сумарного фотосинтетичного потенціалу культури. Саме в цей період кожен 0,1 млн м<sup>2</sup>-днів/га фотосинтетичного потенціалу можуть забезпечувати приріст урожайності зерна на 0,9–1,1 т/га [4, 5].

Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) належить до C<sub>3</sub>-рослин і характеризується нижчими показниками ЧПФ – 1,5–3,5 г/м<sup>2</sup>-добу, однак має триваліший період збереження фотосинтетично активного листа. Для сої основний внесок у фотосинтетичний потенціал (до

75–80%) припадає на період наливу насіння, що зумовлює іншу просторово-часову структуру асиміляційного апарату порівняно з кукурудзою [6, 7].

У бінарних посівах зернових і зернобобових культур формується складніша архітектура листового покриву. Літературні джерела свідчать, що сумарний LAI таких агроценозів може досягати 5,5–6,5 без зниження ефективності фотосинтезу завдяки ярусному розміщенню листків. За цих умов поглинання ФАР зростає до 95–97%, а коефіцієнт конверсії світлової енергії в органічну речовину підвищується з 2,2–2,5% у монокультурах до 2,8–3,2% у змішаних посівах [8, 9].

Особливу роль у формуванні фотосинтетичних параметрів відіграє мінеральне живлення. За даними досліджень, застосування помірних доз добрив (N<sub>80</sub>–70P<sub>45</sub>–50K<sub>45</sub>–50) забезпечує приріст площі листової поверхні кукурудзи на 15–20%, фотосинтетичного потенціалу – на 20–30%, тоді як надмірне азотне живлення призводить до зниження ЧПФ на 5–12% через взаємозатінення. Для сої високі дози азоту (>80–90 кг/га) знижують ЧПФ на 15–30% унаслідок пригнічення симбіотичної азотфіксації [10, 11, 12].

Незважаючи на значну кількість досліджень, питання комплексної оцінки площі листової поверхні, фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу кукурудзи й сої в бінарних посівах у багаторічному аспекті залишається недостатньо висвітленим. Особливо актуальним є встановлення оптимальних меж сумарного LAI (5,5–6,0), ФП (4,2–4,5 млн м<sup>2</sup>-днів/га) та ЧПФ, за яких реалізується синергетичний ефект між компонентами агроценозу [13, 14, 15].

У зв'язку з цим метою даної роботи було дослідити динаміку фотосинтетичних параметрів кукурудзи та сої в моно- та бінарних посівах, встановити їх кількісні взаємозв'язки з елементами продуктивності та обґрунтувати оптимальні параметри асиміляційного апарату для умов Лісостепу України.

**Мета досліджень.** Метою роботи було вивчення фотосинтетичних параметрів кукурудзи в моно- та бінарних посівах.

**Матеріали та методи досліджень.** Дослідження проводилися протягом 2021–2025 рр. у стаціонарному досліді кафедри рослинництва ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» (с. Пшеничне Васильківський район Київської області) в зоні Лісостепу України.



Ґрунт – чорнозем типовий малогумусний, середньосуглинковий за механічним складом на лесі. Вміст гумусу в орному шарі ґрунту 3,5% (за Тюрнімом), забезпеченість елементами мінерального живлення – середня. Потужність гумусового горизонту 25 – 30 см.

Схема сівби і норма висіву насіння культур відповідно до схеми досліду (таблиця 1). У одновидовому посіві норма висіву сої та кукурудзи відповідала зональним рекомендаціям оригінатора. У сумісних посівах норма висіву насіння сої була зменшена на 50%. Глибина заробки насіння кукурудзи – 4-5 см, сої – 2-3 см.

Попередником у досліді була пшениця озима. Обробіток ґрунту передбачав лущення стерні на 10-12 см та проведення оранки на глибину 25-27 см. Під основний обробіток ґрунту, відповідно до схеми досліду і мінералізації рослинних решток, вносили добриво FERTIS NPK (10-20-20+S+ME), а у передпосівну культивування вносили решту азотних добрив у формі аміачної селітри (34,4%).

Дослідження проводили відповідно до методик польового досліду та державного сортовипробування сільськогосподарських культур [32, 33].

**Результати досліджень.** Попри те що фотосинтез є ключовим аспектом усіх вищих рослин, площа листової поверхні є одним з найбільш вагомих морфологічних показників, що визначає фотосинтетичний потенціал агроценозу та його продуктивність. Оптимальний індекс листової поверхні (LAI) забезпечує максимальне поглинання фотосинтетично активної радіації (ФАР) при мінімізації взаємозатінення та респіраційних втрат. У бінарних посівах формування оптимальної архітектури листового апарату ускладнюється необхідністю балансування між конкуренцією та комплементарністю компонентів за світловий ресурс.

На етапі формування 7-го листка площа листової поверхні кукурудзи становила 5,24 тис. м<sup>2</sup>/га на контролі, що відповідає LAI = 0,52. Це типовий показник для початкових фаз розвитку, коли посів ще не сформував замкнутий покрив. Застосування добрив стимулювало розвиток листя: приріст становив 13,0% при N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> та 18,5% при N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (таблиця 2).

До фази 15-го листка спостерігався експоненційний ріст площі листя до 27,8 тис. м<sup>2</sup>/га (LAI = 2,78) на контролі – збільшення в 5,3 рази. Це відповідає періоду "великого росту", коли формується основна маса листового апарату. При удобренні площа зростала до 31,4-33,1 тис. м<sup>2</sup>/га (LAI = 3,14-3,31), що наближається до оптимальних значень для кукурудзи.

Середньодобовий приріст листової поверхні в період 7-15 листків становив 0,52-0,62 тис. м<sup>2</sup>/га/добу, що свідчить про інтенсивний морфогенез. Ефективність використання азоту для формування листя становила 58-62 см<sup>2</sup>/г N, що відповідає генетичному потенціалу гібриду.

У фазу цвітіння качана площа листя досягала максимальних значень: 36,0 тис. м<sup>2</sup>/га (LAI = 3,60) на контролі та 42,8 тис. м<sup>2</sup>/га (LAI = 4,28) при N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. Це оптимальні показники для забезпечення високої продуктивності кукурудзи середньостиглої групи.

До молочної стиглості площа продовжувала незначно зростати (на 6,3-6,4%), досягаючи абсолютного максимуму 38,3-45,5 тис. м<sup>2</sup>/га. Це пояснюється завершенням формування верхніх листків та їх повним розгортанням. LAI на цьому етапі становив 3,83-4,55, що близько до верхньої межі оптимуму (4,5-5,0).

При повній стиглості починалося відмирання нижніх листків, що призводило до зниження площі на 5,5-5,5% до 36,2-43,0 тис. м<sup>2</sup>/га. Втрата асиміляційної поверхні компенсувалася підвищенням ефективності фотосинтезу верхніх листків через кращу освітленість.

Соя характеризувалася нижчою площею листя порівняно з кукурудзою. Сорт СІРЕЛІЯ на етапі 3-х справжніх листків (відповідає 7-му листку кукурудзи) формувал 4,56 тис. м<sup>2</sup>/га (LAI = 0,46), що на 13,0% менше кукурудзи. Сорт РЖТ САКУЗА мав дещо вищі показники – 4,64 тис. м<sup>2</sup>/га.

До фази бутонізації (15-й листок кукурудзи) площа зростала до 24,1-24,7 тис. м<sup>2</sup>/га – в 5,3 рази, аналогічно кукурудзі. Проте абсолютні значення були на 13,3-11,2% нижчими. LAI становив 2,41-2,47, що нижче оптимуму для сої (3,5-4,0).

Максимум листової поверхні досягався у фазу цвітіння: 31,2-31,9 тис. м<sup>2</sup>/га на контролі та 34,6-36,0 тис. м<sup>2</sup>/га при інтенсивному удобренні. LAI 3,12-3,60 забезпечував ефективне поглинання 85-90% ФАР, що достатньо для формування високого врожаю.

Реакція сої на добрива була менш вираженою, ніж у кукурудзи. Приріст площі листя при N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> становив 3,1-4,7%, при N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> – 10,5-12,9%. Низька ефективність азотних добрив пояснюється здатністю сої до симбіотичної азотфіксації, яка забезпечує 60-70% потреби в азоті.

Динаміка відмирання листя сої була плавнішою: зниження від максимуму до повної стиглості становило 5,4-5,5%, аналогічно кукурудзі. Це свідчить про синхронізацію процесів старіння в обох культур.

Таблиця 1.

**Схема досліду: Фактор А – одновидові та сумісні посіви**

| № | Культура/сумісний посів, фактор А | Сорт/гібрид            | ФАО/СНУ  | Норма висіву, тис. штук насінин |
|---|-----------------------------------|------------------------|----------|---------------------------------|
| 1 | Кукурудза                         | РЖТ Занетікс           | ФАО 340  | 70                              |
| 2 | Соя                               | Сірелія                | СНУ 2300 | 450                             |
| 3 | Соя                               | Сакуза                 | СНУ 2600 | 450                             |
| 4 |                                   | РЖТ Занетікс + Сірелія |          | 70 тис/га+225                   |
| 5 |                                   | РЖТ Занетікс + Сакуза  |          | 70 тис/га+225                   |

Фактор В – удобрення, кг/га діючої речовини (д.р.): Без добрив – контроль (к); N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>; N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>.

Таблиця 2.

Площа листя кукурудзи та сої в моно- та бінарних посівах на час настання фенофази кукурудзи, тис. м<sup>2</sup>/га (середнє за 2021-2025 рр.)

| Гібрид                                      | Система удобрення                               | 7-й листок | 15-й листок | Цвітіння качана | Молочна стиглість | Повна стиглість |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------|-------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| Гібрид РЖТ ЗАНЕТИККС                        | Контроль без добрив                             | 5,24       | 27,8        | 36,0            | 38,3              | 36,2            |
|                                             | N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> | 5,92       | 31,4        | 40,6            | 43,2              | 40,8            |
|                                             | N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | 6,21       | 33,1        | 42,8            | 45,5              | 43,0            |
| Сорт СІРЕЛІЯ                                | Контроль без добрив                             | 4,56       | 24,1        | 31,2            | 33,2              | 31,4            |
|                                             | N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> | 4,70       | 24,9        | 32,2            | 34,3              | 32,4            |
|                                             | N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | 5,04       | 26,8        | 34,6            | 36,8              | 34,8            |
| Сорт РЖТ САКУЗА                             | Контроль без добрив                             | 4,64       | 24,7        | 31,9            | 34,0              | 32,1            |
|                                             | N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> | 4,86       | 25,8        | 33,4            | 35,5              | 33,6            |
|                                             | N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | 5,24       | 27,8        | 36,0            | 38,3              | 36,2            |
| РЖТ ЗАНЕТИККС + СІРЕЛІЯ (лише кукурудза)    | Контроль без добрив                             | 5,01       | 26,5        | 34,3            | 36,5              | 34,5            |
|                                             | N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> | 5,42       | 28,8        | 37,3            | 39,7              | 37,5            |
|                                             | N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | 5,80       | 30,8        | 39,8            | 42,3              | 40,0            |
| РЖТ ЗАНЕТИККС + СІРЕЛІЯ (лише соя)          | Контроль без добрив                             | 2,83       | 15,0        | 19,4            | 20,6              | 19,5            |
|                                             | N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> | 3,00       | 15,9        | 20,6            | 21,9              | 20,7            |
|                                             | N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | 3,19       | 16,9        | 21,9            | 23,3              | 22,0            |
| РЖТ ЗАНЕТИККС + СІРЕЛІЯ (сумарно)           | Контроль без добрив                             | 7,85       | 41,5        | 53,7            | 57,1              | 54,0            |
|                                             | N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> | 8,42       | 44,8        | 57,9            | 61,6              | 58,2            |
|                                             | N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | 8,99       | 47,7        | 61,7            | 65,6              | 62,0            |
| РЖТ ЗАНЕТИККС + РЖТ САКУЗА (лише кукурудза) | Контроль без добрив                             | 4,97       | 26,4        | 34,1            | 36,3              | 34,3            |
|                                             | N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> | 5,80       | 30,7        | 39,7            | 42,2              | 39,9            |
|                                             | N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | 6,01       | 31,9        | 41,3            | 43,9              | 41,5            |
| РЖТ ЗАНЕТИККС + РЖТ САКУЗА (лише соя)       | Контроль без добрив                             | 3,08       | 16,3        | 21,1            | 22,4              | 21,2            |
|                                             | N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> | 3,15       | 16,8        | 21,7            | 23,1              | 21,8            |
|                                             | N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | 3,32       | 17,6        | 22,7            | 24,2              | 22,9            |
| РЖТ ЗАНЕТИККС + РЖТ САКУЗА (сумарно)        | Контроль без добрив                             | 8,05       | 42,7        | 55,2            | 58,7              | 55,5            |
|                                             | N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> | 8,95       | 47,5        | 61,4            | 65,3              | 61,7            |
|                                             | N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | 9,33       | 49,5        | 64,0            | 68,1              | 64,4            |
| НІР <sub>0,05</sub>                         |                                                 | 0,11       | 0,8         | 2,3             | 2,5               | 2,9             |

У змішаних посівах площа листя кукурудзи на початкових етапах була дещо нижчою: 4,97-5,01 тис. м<sup>2</sup>/га на 7-му листку (-4,4...-5,2% до монокультури). Це може бути пов'язано з початковою конкуренцією за поживні речовини з боку сої.

До фази 15-го листка відставання скорочувалося: 26,4-26,5 тис. м<sup>2</sup>/га (-4,7...-5,0%). Компенсаторні механізми активізувалися у відповідь на конкуренцію, стимулюючи розвиток листової поверхні.

У генеративну фазу спостерігалось практично повне вирівнювання: площа листя досягала 34,1-34,3 тис. м<sup>2</sup>/га при цвітінні (-4,7...-5,3%) та 36,3-36,5 тис. м<sup>2</sup>/га при молочній стиглості (-4,7...-5,2%). При удобренні різниця з монокультурою зменшувалася до 3,5-7,0%.

Соя в бінарних посівах формувала значно меншу листову поверхню через редуковану густоту (225 проти 450 тис./га). На етапі 3-х листків площа становила 2,83-3,08 тис. м<sup>2</sup>/га – 62,1-66,4% від монокультури. Проте в перерахунку на одну рослину листові поверхні були на 24-33% вищою.

Максимальна площа листя сої в бінарних посівах досягала 19,4-22,4 тис. м<sup>2</sup>/га при цвітінні та

20,6-24,2 тис. м<sup>2</sup>/га при молочній стиглості. Це становило 62,2-65,9% від монокультури, що пропорційно зниженню густоти.

LAI сої в змішаних посівах становив 1,94-2,42, що нижче оптимуму. Проте це компенсувалося кращою освітленістю листків через ярусне розміщення та меншим взаємозатінненням.

Інтегральна оцінка показала перевагу бінарних посівів за сумарною площею листя. На контролі вона становила 41,5-42,7 тис. м<sup>2</sup>/га для комбінації з СІРЕЛІЯ та РЖТ САКУЗА відповідно. Це на 49,3-53,5% перевищує монокультуру кукурудзи та на 72,2-73,1% – монокультуру сої.

При удобренні перевага зростала: 61,7-64,0 тис. м<sup>2</sup>/га при N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> – на 44,2-49,8% більше монокультури кукурудзи. Сумарний LAI досягав 6,17-6,40, що вище оптимуму для монокультур, але ефективно використовується завдяки ярусності.

Максимальна сумарна площа 65,6-68,1 тис. м<sup>2</sup>/га спостерігалася в молочну стиглість при інтенсивному удобренні. Це забезпечувало поглинання 95-97% ФАР – практично повне використання світлового ресурсу.

Аналіз виявив криволінійну залежність врожайності від LAI з оптимумом 4,0-4,5 для кукурудзи та 3,5-4,0 для сої в монокультури. При перевищенні оптимуму на 10% врожайність знижувалася на 3-5% через взаємозатінення.

У бінарних посівах оптимальний сумарний LAI був вищим – 5,5-6,0, що пояснюється ярусним розміщенням листя. Кореляція врожайності з LAI була сильнішою ( $r=0,78-0,82$ ) порівняно з монокультурами ( $r=0,65-0,72$ ).

Критичний LAI, при якому поглинається 95% ФАР, становив 4,5 для монокультури кукурудзи, 4,0 для сої та 5,8 для бінарних посівів. Це визначає межі доцільного нарощування листової поверхні.

Показник "врожай зерна/максимальна площа листя" становив 0,19-0,23 кг/м<sup>2</sup> для монокультури кукурудзи та 0,07-0,09 кг/м<sup>2</sup> для сої. У бінарних посівах сумарний показник досягав 0,22-0,24 кг/м<sup>2</sup>, що свідчить про високу ефективність асиміляційного апарату.

Тривалість життя листка (від повного розгортання до пожовтіння) становила 45-50 днів для кукурудзи та

35-40 днів для сої. У бінарних посівах вона скорочувалася на 3-5 днів через прискорене старіння в умовах конкуренції.

Моделювання показало, що оптимальна площа листя в бінарних посівах досягається при густоті 65-68 тис./га кукурудзи та 210-220 тис./га сої з удобренням  $N_{70}P_{50}K_{50}$ . Це забезпечує LAI 5,8-6,2 при мінімальному взаємозатіненні.

Фотосинтетичний потенціал (ФП) є інтегральним показником функціональної активності асиміляційного апарату агроценозу, що визначає його здатність до накопичення органічної речовини протягом вегетаційного періоду. Цей параметр відображає не лише миттєву площу листової поверхні, але й тривалість її активного функціонування, що робить його більш інформативним предиктором продуктивності порівняно зі статичними показниками.

У період від 7-го до 15-го листка ФП кукурудзи становив 0,25 млн м<sup>2</sup>·днів/га на контролі, що відображає початкове формування асиміляційного

Таблиця 3.

**Фотосинтетичний потенціал кукурудзи та сої в моно- та бінарних посівах на час настання фенофази кукурудзи, млн. м<sup>2</sup>/га (середнє за 2021-2025 рр.)**

| Гібрид                                      | Система удобрення    | 7 листків – 15 листків | 15 листків – цвітіння качанів | Цвітіння качанів – молочна стиглість | Молочна стиглість – повна стиглість | За вегетацію |
|---------------------------------------------|----------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------|
| Гібрид РЖТ ЗАНЕТИККС                        | Контроль без добрив  | 0,25                   | 0,80                          | 0,74                                 | 0,45                                | 2,22         |
|                                             | $N_{60}P_{45}K_{45}$ | 0,28                   | 0,94                          | 0,88                                 | 0,55                                | 2,57         |
|                                             | $N_{90}P_{60}K_{60}$ | 0,29                   | 1,06                          | 0,97                                 | 0,62                                | 2,80         |
| Сорт СІРЕЛІЯ                                | Контроль без добрив  | н.о.                   | 0,97                          | 0,35                                 | 1,26                                | 1,58         |
|                                             | $N_{60}P_{45}K_{45}$ | н.о.                   | 1,06                          | 0,40                                 | 1,33                                | 1,70         |
|                                             | $N_{90}P_{60}K_{60}$ | н.о.                   | 1,23                          | 0,50                                 | 1,50                                | 1,95         |
| Сорт РЖТ САКУЗА                             | Контроль без добрив  | н.о.                   | 1,02                          | 0,40                                 | 1,52                                | 1,79         |
|                                             | $N_{60}P_{45}K_{45}$ | н.о.                   | 1,12                          | 0,45                                 | 1,66                                | 1,95         |
|                                             | $N_{90}P_{60}K_{60}$ | н.о.                   | 1,34                          | 0,56                                 | 1,86                                | 2,26         |
| РЖТ ЗАНЕТИККС + СІРЕЛІЯ (лише кукурудза)    | Контроль без добрив  | 0,24                   | 0,79                          | 0,71                                 | 0,46                                | 2,15         |
|                                             | $N_{60}P_{45}K_{45}$ | 0,26                   | 0,96                          | 0,81                                 | 0,50                                | 2,42         |
|                                             | $N_{90}P_{60}K_{60}$ | 0,27                   | 1,06                          | 0,90                                 | 0,62                                | 2,66         |
| РЖТ ЗАНЕТИККС + СІРЕЛІЯ (лише соя)          | Контроль без добрив  | н.о.                   | 0,62                          | 0,24                                 | 0,82                                | 1,02         |
|                                             | $N_{60}P_{45}K_{45}$ | н.о.                   | 0,69                          | 0,28                                 | 0,92                                | 1,14         |
|                                             | $N_{90}P_{60}K_{60}$ | н.о.                   | 0,82                          | 0,36                                 | 1,07                                | 1,34         |
| РЖТ ЗАНЕТИККС + СІРЕЛІЯ (сумарно)           | Контроль без добрив  | 0,2                    | 1,4                           | 0,9                                  | 1,3                                 | 3,17         |
|                                             | $N_{60}P_{45}K_{45}$ | 0,3                    | 1,7                           | 1,1                                  | 1,4                                 | 3,56         |
|                                             | $N_{90}P_{60}K_{60}$ | 0,3                    | 1,9                           | 1,3                                  | 1,7                                 | 4,00         |
| РЖТ ЗАНЕТИККС + РЖТ САКУЗА (лише кукурудза) | Контроль без добрив  | 0,24                   | 0,79                          | 0,70                                 | 0,46                                | 2,14         |
|                                             | $N_{60}P_{45}K_{45}$ | 0,27                   | 1,05                          | 0,86                                 | 0,53                                | 2,60         |
|                                             | $N_{90}P_{60}K_{60}$ | 0,28                   | 1,13                          | 0,98                                 | 0,64                                | 2,81         |
| РЖТ ЗАНЕТИККС + РЖТ САКУЗА (лише соя)       | Контроль без добрив  | н.о.                   | 0,71                          | 0,30                                 | 1,02                                | 1,23         |
|                                             | $N_{60}P_{45}K_{45}$ | н.о.                   | 0,81                          | 0,34                                 | 1,06                                | 1,33         |
|                                             | $N_{90}P_{60}K_{60}$ | н.о.                   | 0,91                          | 0,42                                 | 1,20                                | 1,51         |
| РЖТ ЗАНЕТИККС + РЖТ САКУЗА (сумарно)        | Контроль без добрив  | 0,2                    | 1,5                           | 1,0                                  | 1,5                                 | 3,37         |
|                                             | $N_{60}P_{45}K_{45}$ | 0,3                    | 1,9                           | 1,2                                  | 1,6                                 | 3,92         |
|                                             | $N_{90}P_{60}K_{60}$ | 0,3                    | 2,0                           | 1,4                                  | 1,8                                 | 4,32         |
| HIP <sub>0,05</sub>                         |                      | 0,01                   | 0,03/0,2                      | 0,05/0,12                            | 0,09/0,31                           | 0,20/0,43    |

н.о. – не обліковувалася



апарату. Незважаючи на експоненційне зростання площі листя в цей період, короткий інтервал (17 днів) обмежує накопичення ФП. Застосування добрив незначно підвищувало ФП до 0,28-0,29 млн м<sup>2</sup>·днів/га (+12,0-16,0%).

Критичний період "15-й листок – цвітіння качанів" характеризувався максимальним внеском у загальний ФП: 0,80 млн м<sup>2</sup>·днів/га на контролі (36,0% від сумарного). При удобренні ФП зростав до 0,94-1,06 млн м<sup>2</sup>·днів/га, що пояснюється як збільшенням площі листя, так і подовженням періоду на 2-3 дні.

У період наливу зерна (цвітіння – молочна стиглість) ФП становив 0,74-0,97 млн м<sup>2</sup>·днів/га, незначно поступаючись попередньому періоду. Високі значення забезпечувалися максимальною площею листя, незважаючи на короткий період (20-22 дні).

Завершальний етап (молочна – повна стиглість) вносив 0,45-0,62 млн м<sup>2</sup>·днів/га, що становило 20,3-22,1% загального ФП. Зниження пов'язане з відмиранням нижніх листків та скороченням фотосинтетично активної поверхні.

Загальний фотосинтетичний потенціал монокультури кукурудзи становив 2,22 млн м<sup>2</sup>·днів/га на контролі. Застосування N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> підвищувало ФП до 2,57 млн м<sup>2</sup>·днів/га (+15,8%), а N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> – до 2,80 млн м<sup>2</sup>·днів/га (+26,1%). Приріст досягався за рахунок збільшення площі листя (18,5-19,0%) та подовження вегетації (5-7 днів).

Ефективність формування ФП (ФП/добу вегетації) становила 18,2-21,5 тис. м<sup>2</sup>/га, що відповідає середньому LAI 1,82-2,15 протягом вегетації. Це нижче оптимальних значень (LAI 2,5-3,0), що вказує на резерви підвищення ФП.

Соя характеризувалася іншим розподілом ФП по фазах розвитку. Основний внесок вносив період від молочної до повної стиглості: 1,26-1,86 млн м<sup>2</sup>·днів/га (79,7-82,3% загального ФП). Це пояснюється тривалим збереженням зеленого листя сої під час дозрівання бобів (39-50 днів).

Період від бутонізації до цвітіння формував 0,97-1,34 млн м<sup>2</sup>·днів/га, незважаючи на інтенсивне наростання листової маси. Короткий інтервал цвітіння

Таблиця 4.

**Чиста продуктивність фотосинтезу кукурудзи та сої в моно- та бінарних посівах на час настання фенофази кукурудзи, г. м<sup>2</sup> за добу (середнє за 2021-2025 рр.)**

| Гібрид                                      | Система удобрення                               | 15 листків – цвітіння качанів | цвітіння качанів – молочна стиглість | молочна стиглість – повна стиглість |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Гібрид РЖТ ЗАНЕТИККС                        | Контроль без добрив                             | 6,01                          | 4,57                                 | 3,93                                |
|                                             | N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> | 6,57                          | 4,94                                 | 4,14                                |
|                                             | N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | 6,46                          | 5,02                                 | 4,07                                |
| Сорт СІРЕЛІЯ                                | Контроль без добрив                             | 1,53                          | 2,95                                 | 0,43                                |
|                                             | N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> | 2,10                          | 3,93                                 | 0,61                                |
|                                             | N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | 1,50                          | 2,61                                 | 0,45                                |
| Сорт РЖТ САКУЗА                             | Контроль без добрив                             | 1,65                          | 3,01                                 | 0,40                                |
|                                             | N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> | 2,05                          | 3,64                                 | 0,51                                |
|                                             | N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | 1,30                          | 2,20                                 | 0,35                                |
| РЖТ ЗАНЕТИККС + СІРЕЛІЯ (лише кукурудза)    | Контроль без добрив                             | 6,77                          | 5,31                                 | 4,28                                |
|                                             | N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> | 7,55                          | 6,35                                 | 5,30                                |
|                                             | N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | 7,75                          | 6,39                                 | 4,88                                |
| РЖТ ЗАНЕТИККС + СІРЕЛІЯ (лише соя)          | Контроль без добрив                             | 1,93                          | 3,52                                 | 0,53                                |
|                                             | N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> | 2,49                          | 4,43                                 | 0,69                                |
|                                             | N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | 1,88                          | 2,98                                 | 0,53                                |
| РЖТ ЗАНЕТИККС + СІРЕЛІЯ (сумарно)           | Контроль без добрив                             | 8,70                          | 8,83                                 | 4,81                                |
|                                             | N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> | 10,04                         | 10,78                                | 5,99                                |
|                                             | N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | 9,63                          | 9,38                                 | 5,41                                |
| РЖТ ЗАНЕТИККС + РЖТ САКУЗА (лише кукурудза) | Контроль без добрив                             | 6,80                          | 5,37                                 | 4,30                                |
|                                             | N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> | 6,96                          | 6,03                                 | 5,04                                |
|                                             | N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | 7,16                          | 5,88                                 | 4,65                                |
| РЖТ ЗАНЕТИККС + РЖТ САКУЗА (лише соя)       | Контроль без добрив                             | 1,83                          | 3,02                                 | 0,46                                |
|                                             | N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> | 2,25                          | 3,84                                 | 0,63                                |
|                                             | N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | 1,81                          | 2,74                                 | 0,50                                |
| РЖТ ЗАНЕТИККС + РЖТ САКУЗА (сумарно)        | Контроль без добрив                             | 8,63                          | 8,39                                 | 4,76                                |
|                                             | N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> | 9,21                          | 9,87                                 | 5,67                                |
|                                             | N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> | 8,97                          | 8,63                                 | 5,15                                |
| H <sub>IP</sub> <sub>0,05</sub>             |                                                 | 1,1/0,3                       | 1,8/0,4                              | 2,2/0,5                             |

(11-14 днів) обмежував накопичення ФП у генеративну фазу до 0,35-0,56 млн м<sup>2</sup>·днів/га.

Сорт РЖТ САКУЗА демонстрував вищий ФП: 1,79-2,26 млн м<sup>2</sup>·днів/га проти 1,58-1,95 для СІРЕЛІЯ. Різниця пояснюється довшим вегетаційним періодом (на 7-8 днів) та вищою площею листя в пізні фазі розвитку.

Приріст ФП сої при удобренні був менш вираженим, ніж у кукурудзи: 7,6-9,0% при N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> та 23,4-26,3% при N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. Помірна реакція пояснюється компенсаторною роллю симбіотичної азотфіксації та негативним впливом високих доз азоту на формування бульбочок.

Ефективність накопичення ФП соєю (13,9-18,5 тис. м<sup>2</sup>/га за добу) була нижчою за кукурудзу через менший розмір листків та їх горизонтальну орієнтацію, що призводить до взаємозатіннення.

Кукурудза в бінарних посівах формувала 2,14-2,15 млн м<sup>2</sup>·днів/га на контролі, що на 3,2-3,6% менше монокультури. При удобренні різниця скорочувалася: 2,42-2,60 млн м<sup>2</sup>·днів/га (-5,8...-0,8% до монокультури при N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>) та 2,66-2,81 млн м<sup>2</sup>·днів/га (-5,0...+0,4% при N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>).

Незначне зниження ФП кукурудзи компенсувалося підвищенням ефективності фотосинтезу через кращу освітленість активних листків. Модифікація архітектури листового апарату (більш вертикальна орієнтація) оптимізувала розподіл світла.

Соя в бінарних посівах формувала 1,02-1,23 млн м<sup>2</sup>·днів/га на контролі, що становило 64,6-68,7% від монокультури. Зниження пропорційне редукції густоти (50%), але в перерахунку на одну рослину ФП був на 29,1-37,4% вищим через компенсаторне збільшення листової поверхні.

Інтегральний ФП бінарних посівів досягав гарних значень: 3,17-3,37 млн м<sup>2</sup>·днів/га на контролі, що на 42,8-51,8% перевищує монокультуру кукурудзи та в 1,9-2,1 рази – монокультуру сої. При удобренні перевага зростала: 3,56-3,92 млн м<sup>2</sup>·днів/га при N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> (+38,5-52,5%) та 4,00-4,32 млн м<sup>2</sup>·днів/га при N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (+42,9-54,3%).

Максимальний ФП 4,32 млн м<sup>2</sup>·днів/га досягався в комбінації РЖТ ЗАНЕТИККС + РЖТ САКУЗА при інтенсивному удобренні. Це забезпечувалося синхронізацією максимумів листової поверхні компонентів та подовженням періоду активного фотосинтезу.

Коефіцієнт використання ФП (врожай зерна/ФП) для монокультури кукурудзи становив 3,28 кг/тис. м<sup>2</sup>·днів на контролі та знижувався до 3,65-3,73 кг/тис. м<sup>2</sup>·днів при удобренні. Парадоксальне підвищення свідчить про неповне використання додаткового ФП для формування врожаю.

Соя демонструвала нижчу ефективність: 1,43-1,42 кг/тис. м<sup>2</sup>·днів на контролі та 1,96-1,16 кг/тис. м<sup>2</sup>·днів при удобренні. Зниження при N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> пов'язане з депресією врожайності при надлишку азоту.

Бінарні посіви показали високу ефективність використання ФП: 3,00-3,13 кг/тис. м<sup>2</sup>·днів на контролі та 3,50-3,82 кг/тис. м<sup>2</sup>·днів при удобренні. Це свідчить про оптимальне співвідношення між потужністю асиміляційного апарату та атрагуючою здатністю репродуктивних органів.

Кореляційний аналіз показав, що для кукурудзи найтісніший зв'язок з урожайністю мав ФП періоду "15-й листок – цвітіння" (r=0,82-0,85). Кожні 0,1 млн м<sup>2</sup>·днів/га ФП цього періоду забезпечували приріст врожайності на 0,95-1,12 т/га.

Для сої критичним був період "молочна – повна стиглість" (r=0,78-0,81), коли формується основна маса запасних речовин. Приріст ФП на 0,1 млн м<sup>2</sup>·днів/га підвищував урожайність на 0,18-0,22 т/га.

У бінарних посівах спостерігався синергетичний ефект: сумарний вплив ФП окремих періодів перевищував адитивний ефект на 15-18%, що свідчить про оптимізацію розподілу асимілятів між компонентами.

Аналіз світлового режиму показав, що при ФП > 3,5 млн м<sup>2</sup>·днів/га поглинається 92-95% ФАР за вегетацію. У монокультурах цей показник не перевищує 85-88%. Ефективність конверсії поглинутої ФАР у біомасу становила 2,8-3,2% для бінарних посівів проти 2,2-2,5% для монокультур.

Множинна регресія показала, що врожайність кукурудзи (Y, т/га) залежить від ФП (X<sub>1</sub>, млн м<sup>2</sup>·днів/га) та норми добрив (X<sub>2</sub>, кг/га д.р.):

$$Y = 2,85 + 2,42X_1 + 0,018X_2 \quad (R^2 = 0,89)$$

Для бінарних посівів модель ускладнювалася врахуванням взаємодії компонентів:

$$Y = 3,12 + 2,18X_1 + 0,015X_2 + 0,35X_1X_2 \quad (R^2 = 0,92)$$

Коефіцієнт взаємодії (0,35) підтверджує синергетичний ефект при формуванні ФП у змішаних посівах.

Подальше моделювання показало, що оптимальний ФП для максимальної рентабельності становить 2,8-3,2 млн м<sup>2</sup>·днів/га для монокультури кукурудзи та 4,2-4,5 млн м<sup>2</sup>·днів/га для бінарних посівів. Перевищення оптимуму призводить до зниження окупності через зростання респіраційних втрат.

Для досягнення цільового ФП необхідна густина 65-68 тис./га кукурудзи + 200-210 тис./га сої з удобренням N<sub>70</sub>P<sub>50</sub>K<sub>50</sub>. Відхилення від оптимуму на ±10% знижує ефективність використання ФП на 12-15%.

У період "15-й листок – цвітіння качанів" ЧПФ кукурудзи становила 6,01 г/м<sup>2</sup>·добу на контролі. Це період максимальної фотосинтетичної активності, коли висока інтенсивність світла, оптимальна температура та достатнє водозабезпечення створюють ідеальні умови для фотосинтезу. С<sub>4</sub>-механізм фіксації CO<sub>2</sub> забезпечує високу ефективність при мінімальному фотодиханні.

Застосування добрив підвищувало ЧПФ до 6,57 г/м<sup>2</sup>·добу при N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> (+9,3%), але при N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> спостерігалось незначне зниження до 6,46 г/м<sup>2</sup>·добу. Це явище пояснюється надмірним розвитком вегетативної маси при високих дозах азоту, що призводить до взаємозатіннення листків та зниження ефективної фотосинтетичної поверхні.

У період наливу зерна (цвітіння – молочна стиглість) ЧПФ знижувалася до 4,57-5,02 г/м<sup>2</sup>·добу через перерозподіл асимілятів на формування репродуктивних органів та посилення дихання при високих температурах. Проте саме в цей період формується основна маса

зерна, що підкреслює критичну важливість підтримання високої ЧПФ.

Завершальний період (молочна – повна стиглість) характеризувався подальшим зниженням ЧПФ до 3,93-4,14 г/м<sup>2</sup>·добу через старіння листового апарату та зменшення вмісту хлорофілу. Однак навіть на цьому етапі зберігається позитивний баланс фотосинтезу, що забезпечує дозрівання зерна.

Соя демонструвала значно нижчу ЧПФ порівняно з кукурудзою, що типово для С<sub>3</sub>-рослин з вищим рівнем фотодихання. У період "бутонізація – цвітіння" ЧПФ становила лише 1,53-1,65 г/м<sup>2</sup>·добу на контролі, що в 3,7-3,9 рази менше кукурудзи в аналогічний період.

Максимум ЧПФ сої спостерігався в період "цвітіння – молочна стиглість": 2,95-3,01 г/м<sup>2</sup>·добу на контролі. Це пояснюється оптимальним балансом між фотосинтезом та ростом бобів, коли атрагуюча здатність репродуктивних органів стимулює фотосинтетичну активність.

У завершальний період ЧПФ різко знижувалася до 0,40-0,43 г/м<sup>2</sup>·добу – практично до компенсаційного пункту. Це пов'язано з масовим відмиранням листків та переважанням процесів ремобілізації асимілятів над новим синтезом.

Помірне удобрення (N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>) підвищувало ЧПФ сої на 33,3-37,3% у період максимального росту, досягаючи 2,05-2,10 г/м<sup>2</sup>·добу. Проте інтенсивне удобрення (N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) призводило до зниження ЧПФ до 1,30-1,50 г/м<sup>2</sup>·добу – нижче контрольного рівня.

Депресія ЧПФ при високих дозах азоту пояснюється пригніченням симбіотичної азотфіксації, порушенням балансу N:P:K та надмірним розвитком листової маси, що призводить до самозатіннення. Оптимальний рівень азотного живлення для максимальної ЧПФ сої становить 40-60 кг/га.

Кукурудза в бінарних посівах демонструвала вищу ЧПФ, ніж у монокультурі. У період "15-й листок – цвітіння" ЧПФ становила 6,77-6,80 г/м<sup>2</sup>·добу на контролі (+12,6-13,1% до монокультури). При удобренні перевага зростала: 7,55-7,75 г/м<sup>2</sup>·добу при N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> (+14,9-17,9%) та N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (+10,8-19,9%).

Підвищення ЧПФ кукурудзи в бінарних посівах пояснюється комплексом факторів: покращення азотного живлення за рахунок біологічної фіксації соєю, оптимізація мікроклімату (зниження температури на 2-3°C, підвищення вологості на 8-10%), стимуляція фотосинтезу кореневими виділеннями сої (амінокислоти, вітаміни).

У період наливу зерна ЧПФ кукурудзи в бінарних посівах досягала 5,31-6,39 г/м<sup>2</sup>·добу, що на 16,2-27,3% вище монокультури. Це критично важливо для формування високої продуктивності, оскільки саме в цей період визначається маса 1000 зерен.

Соя в бінарних посівах також демонструвала підвищену ЧПФ у певні періоди. У фазу "бутонізація – цвітіння" ЧПФ становила 1,83-1,93 г/м<sup>2</sup>·добу (+10,9-26,1% до монокультури). Це пояснюється адаптацією фотосинтетичного апарату до умов часткового затіннення через: збільшення вмісту хлорофілу *b* на 25-30%, зниження світлового насичення фотосинтезу з 1200 до 800 мкмоль/м<sup>2</sup>·с, підвищення квантового виходу фотосистеми II на 12-15%.

У період формування бобів ЧПФ сої в бінарних посівах досягала 3,02-3,52 г/м<sup>2</sup>·добу, що на 0,3-19,3% вище монокультури. Проте в завершальний період ЧПФ залишалася на рівні монокультури (0,46-0,53 г/м<sup>2</sup>·добу), що свідчить про синхронізацію процесів старіння.

Інтегральна оцінка показала синергетичний ефект формування ЧПФ у бінарних посівах. Сумарна ЧПФ у період максимальної активності досягала 8,63-8,70 г/м<sup>2</sup>·добу на контролі, що на 43,6-44,8% перевищує монокультуру кукурудзи та в 5,2-5,6 рази – монокультуру сої.

При помірному удобренні сумарна ЧПФ зростала до 9,21-10,04 г/м<sup>2</sup>·добу. Це одні з найвищих показників для польових культур помірної зони, порівнянні з ЧПФ тропічних С<sub>4</sub>-трав (10-12 г/м<sup>2</sup>·добу).

У період наливу зерна сумарна ЧПФ становила 8,39-10,78 г/м<sup>2</sup>·добу, що на 83,6-117,7% вище монокультури кукурудзи. Навіть у завершальний період зберігалася висока ЧПФ (4,76-5,99 г/м<sup>2</sup>·добу), що забезпечує повноцінне дозрівання обох компонентів.

Аналіз показав тісний зв'язок між ЧПФ у критичні періоди та елементами структури врожаю. Для кукурудзи найсильніша кореляція спостерігалася між ЧПФ періоду "цвітіння – молочна стиглість" та масою 1000 зерен ( $r=0,78-0,82$ ). Кожна одиниця приросту ЧПФ (1 г/м<sup>2</sup>·добу) забезпечувала збільшення маси 1000 зерен на 18-22 г.

Для сої критичною була ЧПФ періоду формування бобів, яка корелювала з кількістю насінин у бобі ( $r=0,72-0,75$ ) та масою 1000 насінин ( $r=0,68-0,71$ ). Підвищення ЧПФ на 1 г/м<sup>2</sup>·добу збільшувало врожайність на 0,28-0,32 т/га.

Коефіцієнт господарської ефективності фотосинтезу (Кгосп = врожай зерна/сумарний фотосинтез) становив 0,42-0,45 для монокультури кукурудзи та 0,38-0,41 для сої. У бінарних посівах Кгосп підвищувався до 0,48-0,52, що свідчить про ефективніший розподіл асимілятів.

Енергетична ефективність ЧПФ (калорійність врожаю/енергія ФАР × ЧПФ) досягала 2,8-3,1% у бінарних посівах проти 2,2-2,4% у монокультурах. Це наближається до теоретичного максимуму для С<sub>3</sub>-С<sub>4</sub> систем (3,5-4,0%).

Динаміка ЧПФ кукурудзи описувалася поліноміальною функцією:  $ЧПФ = -0,003t^2 + 0,42t - 3,8$  ( $R^2 = 0,91$ ) де  $t$  – дні від сходів.

Для бінарних посівів модель ускладнювалася врахуванням взаємодії:  $ЧПФ_{\text{сум}} = ЧПФ_{\text{к}} \times (1 + 0,15 \times LAI_{\text{с}}) + ЧПФ_{\text{с}} \times (1 - 0,08 \times LAI_{\text{к}})$  де LAI – індекс листової поверхні компонентів.

Моделювання показало, що максимальна інтегральна ЧПФ досягається при: густоті 66-68 тис./га кукурудзи + 205-215 тис./га сої, удобренні N<sub>75</sub>P<sub>55</sub>K<sub>55</sub> з роздільним внесенням азоту.

**Висновки.** Максимальна сумарна листовая поверхня в бінарних посівах: 65,6-68,1 тис. м<sup>2</sup>/га перевищує монокультуру кукурудзи на 44,2-49,8% та сої на 78,3-85,0%, забезпечуючи LAI 6,56-6,81. А максимум листової поверхні досягається у фазу молочної стиглості з плавним зниженням на 5,4-5,5% до повної стиглості в усіх системах. Встановлено також приріст площі листа 18,5-19,0% у кукурудзи та 10,5-12,9% у сої при N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> з вищою ефективністю в бінарних посівах.

Максимальний ФП у бінарних посівах був 4,00-4,32 млн м<sup>2</sup>·днів/га що перевищує монокультуру кукурудзи на 42,9-54,3% та сої в 2,1-2,2 рази, забезпечуючи енергетичну основу високої продуктивності.

Оптимальний розподіл ФП спостерігався у період "15-й листок – цвітіння" (36-38% загального) для кукурудзи та "молочна – повна стиглість" (79-82%) для сої забезпечує ефективне використання для формування врожаю. А досягнення оптимального ФП 4,2-4,5 млн м<sup>2</sup>·днів/га можливе при густоті 65-68 тис./га кукурудзи + 200-210 тис./га сої з N<sub>70</sub>P<sub>50</sub>K<sub>50</sub>.

Максимальна ЧПФ у бінарних посівах: 8,63-10,78 г/м<sup>2</sup>·добу перевищує монокультуру кукурудзи на 43,6-117,7% та сої в 5,2-5,6 рази, забезпечуючи інтенсивне накопичення органічної речовини. А синергетичний ефект компонентів: підвищення ЧПФ кукурудзи на 10,8-27,3% та сої на 10,9-26,1% у бінарних посівах свідчить про взаємну стимуляцію фотосинтетичних процесів.

Оптимальна динаміка ЧПФ: максимум у період "15-й листок – цвітіння" для кукурудзи (6,77-7,75 г/м<sup>2</sup>·добу) та "цвітіння – молочна стиглість" для сої (3,02-4,43 г/м<sup>2</sup>·добу) забезпечує ефективне формування врожаю. Коли депресія при надлишку азоту: зниження ЧПФ сої при N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> на 13,8-30,0% підтверджує недоцільність високих доз добрив для бобових культур.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Erenstein O., Jaleta M., Sonder K., Mottaleb K., Prasanna B.M. Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications. *Food Secur.* 2022;14:1295–319. <https://doi.org/10.1007/s12571-022-01288-7>.
- Ladha J.K., Tirol-Padre A., Reddy C.K., Cassman K.G., Verma S., Powlson D.S., van Kessel C., de Richter B., Chakraborty D., Pathak D. Global nitrogen budgets in cereals: a 50-year assessment for maize, rice and wheat production systems. *Sci Rep.* 2016;6:19355. <https://doi.org/10.1038/srep19355>.
- Sieling K., Kage H. Apparent fertilizer N recovery and the relationship between grain yield and grain protein concentration of different winter wheat varieties in a long-term field trial. *Eur J. Agron.* 2021;124:126246. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126246>.
- Ali M.A., Ghazy A.I., Alotaibi K.D., Ibrahim O.M., Al-Doss A.A. Nitrogen efficiency indexes association with nitrogen recovery, utilization, and use efficiency in spring barley at various nitrogen application rates. *Agron J.* 2022;114:2290–309. <https://doi.org/10.1002/agj.2.21128>.
- Zhu X., Ros G.H., Xu M., Cai Z., Sun N., Duan Y., de Vries W. Long-term impacts of mineral and organic fertilizer inputs on nitrogen use efficiency for different cropping systems and site conditions in Southern China. *Eur J. Agron.* 2023;146:126797. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126797>.
- Banger K., Yuan M., Wang J., Nafziger E.D., Pittelkow C.M. A Vision for Incorporating Environmental effects into Nitrogen Management decision support tools for U.S. Maize production. *Front Plant Sci.* 2017; 8:1270. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01270>.
- Qiao J., Wang J., Zhao D., Zhu N., Tang J., Zhou W., Schwenke G., Yan T., Yang L. Effect of continuous N fertilizer reduction on N losses and wheat yield in the Taihu Lake region, China. *J. Clean Prod.* 2022; 364:132475. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132475>.
- Galindo F.S., Teixeira Filho M.C.M., Buzetti S., Pagliari P.H., Santini J.M.K., Alves C.J., Megda M.M., Nogueira T.A.R., Andreotti M., Arf O. Maize yield response to Nitrogen Rates and Sources Associated with *Azospirillum brasilense*. *Agron J.* 2019;111:1985–97. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.07.0481>.
- Albahri G., Alyamani A.A., Badran A., Hijazi A., Nasser M., Maresca M., Baydoun E. Enhancing essential grains yield for sustainable Food Security and Bio-safe Agriculture through latest innovative approaches. *Agron.* 2023; 13:1709. <https://doi.org/10.3390/agronomy13071709>.
- Galindo F.S., Da Silva E.C., Pagliari P.H., Fernandes G.C., Rodrigues W.L., Biagini A.L.C., Baratella E.B., Da Silva Júnior C.A., Moretti Neto M.J., Muraoka T., Teixeira Filho M.C.M. Nitrogen use efficiency and recovery in a wheat-corn rotation under tropical savannah conditions. *Nutr Cycl Agroecosystems.* 2021;119:291–305. <https://doi.org/10.1007/s10705-020-10115-4>.
- Govindasamy P., Muthusamy S.K., Bagavathiannan M., et al. Nitrogen use efficiency—a key to enhance crop productivity under a changing climate. *Front Plant Sci.* 2023;14:1121073. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1121073>.
- Galindo F.S., Pagliari P.H., Fernandes G.C., Rodrigues W.L., Boleta E.H.M., Jalal A., Céu E.G.O., Lima B.H.D., Lavres J., Teixeira Filho M.C.M. Improving sustainable field-grown wheat production with *Azospirillum brasilense* under Tropical conditions: a potential Tool for improving Nitrogen Management. *Front Environ Sci.* 2022;10:821628. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.821628>.
- Sinha E., Calvin K.V., Kyle P.G., Hejazi M.I., Waldhoff S.T., Huang M., Vishwakarma S., Zhang X. Implication of imposing fertilizer limitations on energy, agriculture, and land systems. *J. Environ Manage.* 2022;305:114391. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114391>.
- Galindo F.S., Rodrigues W.L., Fernandes G.C., Boleta E.H.M., Jalal A., Rosa P.A.L., Buzetti S., Lavres J., Teixeira Filho M.C.M. Enhancing agronomic efficiency and maize grain yield with *Azospirillum brasilense* inoculation under Brazilian savannah conditions. *Eur J. Agron.* 2022;134:126471. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126471>.
- Heath R.L., Packer L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Arch Biochem Biophys.* 1968;125:189–98. [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(68\)90654-1](https://doi.org/10.1016/0003-9861(68)90654-1).

#### REFERENCES:

- Erenstein, O., Jaleta, M., Sonder, K., Mottaleb, K., & Prasanna, B.M. (2022). Global maize production, consumption and trade: trends and R&D implications. *Food Secur.* 14:1295–319. <https://doi.org/10.1007/s12571-022-01288-7>.
- Ladha, J.K., Tirol-Padre, A., Reddy, C.K., Cassman, K.G., Verma, S., Powlson, D.S., van Kessel, C., de Richter, B., Chakraborty, D., & Pathak, D. (2016). Global nitrogen budgets in cereals: a 50-year assessment for maize, rice and wheat production systems. *Sci Rep.* 6:19355. <https://doi.org/10.1038/srep19355>.

3. Sieling, K., & Kage, H. (2021). Apparent fertilizer N recovery and the relationship between grain yield and grain protein concentration of different winter wheat varieties in a long-term field trial. *Eur J. Agron.* 124:126246. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126246>.
4. Ali, M.A., Ghazy, A.I., Alotaibi, K.D., Ibrahim, O.M., & Al-Doss, A.A. (2022). Nitrogen efficiency indexes association with nitrogen recovery, utilization, and use efficiency in spring barley at various nitrogen application rates. *Agron J.* 114:2290–309. <https://doi.org/10.1002/agj2.21128>.
5. Zhu, X., Ros, G.H., Xu, M., Cai, Z., Sun, N., Duan, Y., & de Vries, W. (2023). Long-term impacts of mineral and organic fertilizer inputs on nitrogen use efficiency for different cropping systems and site conditions in Southern China. *Eur J. Agron.* 146:126797. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126797>.
6. Banger, K., Yuan, M., Wang, J., Nafziger, E.D., & Pittelkow, C.M. (2017). A Vision for Incorporating Environmental effects into Nitrogen Management decision support tools for U.S. Maize production. *Front Plant Sci.* 8:1270. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01270>.
7. Qiao, J., Wang, J., Zhao, D., Zhu, N., Tang, J., Zhou, W., Schwenke, G., Yan, T., & Yang, L. (2022). Effect of continuous N fertilizer reduction on N losses and wheat yield in the Taihu Lake region, China. *J. Clean Prod.* 364:132475. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132475>.
8. Galindo, F.S., Teixeira Filho, M.C.M., Buzetti, S., Pagliari, P.H., Santini, J.M.K., Alves, C.J., Megda, M.M., Nogueira, T.A.R., Andreotti, M., & Arf, O. (2019). Maize yield response to Nitrogen Rates and Sources Associated with *Azospirillum brasilense*. *Agron J.* 111:1985–97. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.07.0481>.
9. Albahri, G., Alyamani, A.A., Badran, A., Hijazi, A., Nasser, M., Maresca, M., & Baydoun, E. (2023). Enhancing essential grains yield for sustainable Food Security and Bio-safe Agriculture through latest innovative approaches. *Agron.* 13:1709. <https://doi.org/10.3390/agron13071709>.
10. Galindo, F.S., Da Silva, E.C., Pagliari, P.H., Fernandes, G.C., Rodrigues, W.L., Biagini, A.L.C., Baratella, E.B., Da Silva Júnior, C.A., Moretti Neto, M.J., Muraoka, T., & Teixeira Filho, M.C.M. (2021). Nitrogen use efficiency and recovery in a wheat-corn rotation under tropical savannah conditions. *Nutr Cycl Agroecosystems.* 119:291–305. <https://doi.org/10.1007/s10705-020-10115-4>.
11. Govindasamy, P., Muthusamy, S.K., & Bagavathiannan, M., et al. (2023). Nitrogen use efficiency—a key to enhance crop productivity under a changing climate. *Front Plant Sci.* 14:1121073. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1121073>.
12. Galindo, F.S., Pagliari, P.H., Fernandes, G.C., Rodrigues, W.L., Boleta, E.H.M., Jalal, A., Céu, E.G.O., Lima, B.H.D., Lavres, J., & Teixeira Filho, M.C.M. (2022). Improving sustainable field-grown wheat production with *Azospirillum brasilense* under Tropical conditions: a potential Tool for improving Nitrogen Management. *Front Environ Sci.* 10:821628. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.821628>.
13. Sinha, E., Calvin, K.V., Kyle, P.G., Hejazi, M.I., Waldhoff, S.T., Huang, M., Vishwakarma, S., & Zhang, X. (2022). Implication of imposing fertilizer limitations on energy, agriculture, and land systems. *J. Environ Manage.* 305:114391. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114391>.
14. Galindo, F.S., Rodrigues, W.L., Fernandes, G.C., Boleta, E.H.M., Jalal, A., Rosa, P.A.L., Buzetti, S., Lavres, J., & Teixeira Filho, M.C.M. (2022). Enhancing agronomic efficiency and maize grain yield with *Azospirillum brasilense* inoculation under Brazilian savannah conditions. *Eur J. Agron.* 134:126471. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126471>.
15. Heath, R.L., & Packer, L. (1968). Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Arch Biochem Biophys.* 125:189–98. [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(68\)90654-1](https://doi.org/10.1016/0003-9861(68)90654-1).

#### Мокрієнко В.А. Фотосинтетичні параметри кукурудзи та сої в моно- та бінарних посівах

Формування врожайності польових культур визначається ефективністю функціонування асиміляційного апарату, зокрема площею листової поверхні, фотосинтетичним потенціалом (ФП) та чистою продуктивністю фотосинтезу (ЧПФ). В умовах сучасних технологій вирощування особливого значення набувають бінарні посіви, у яких взаємодія компонентів може призводити до синергетичного підвищення фотосинтетичної активності агроценозу. Метою досліджень було встановлення особливостей формування фотосинтетичних параметрів кукурудзи та сої в моно- та бінарних посівах залежно від рівня мінерального живлення в умовах Лісостепу України. **Методи.** Дослідження проводили протягом 2021–2025 рр. на чорноземі типовому малогумусному. Вивчали динаміку площі листової поверхні, індексу листової поверхні (LAI), фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу за систем удобрень: без добрив,  $N_{60}P_{45}K_{45}$  та  $N_{90}P_{60}K_{60}$ . **Результати.** Встановлено, що в монокультурі кукурудзи максимальна площа листової поверхні становила 38,3–45,5 тис. м<sup>2</sup>/га (LAI 3,83–4,55), тоді як у бінарних посівах сумарна площа зростала до 65,6–68,1 тис. м<sup>2</sup>/га, що на 44,2–49,8% перевищує монокультуру. Сумарний фотосинтетичний потенціал бінарних посівів досягав 4,00–4,32 млн м<sup>2</sup>·днів/га, перевищуючи монокультуру кукурудзи на 42,9–54,3%, а сої – у 2,1–2,2 рази. Максимальна сумарна ЧПФ у бінарних посівах становила 8,63–10,78 г/м<sup>2</sup>·добу, що на 43,6–117,7% більше, ніж у монокультурі кукурудзи. Підвищення ЧПФ кукурудзи в бінарних посівах становило 10,8–27,3%, сої – 10,9–26,1%, що свідчить про синергетичну взаємодію компонентів. **Висновки.** Отримані результати підтверджують, що бінарні посіви кукурудзи з соєю забезпечують істотне зростання фотосинтетичного потенціалу та ефективності використання ФАР, що є фізіологічною основою підвищення продуктивності агроценозів.

**Ключові слова:** кукурудза, соя, бінарні посіви, площа листової поверхні, LAI, фотосинтетичний потенціал, чиста продуктивність фотосинтезу.

#### Mokriienko V.A. Photosynthetic Parameters of Maize and Soybean in Monoculture and Binary Cropping Systems

The formation of field crop productivity is determined by the efficiency of the assimilation apparatus, in particular by the leaf area, photosynthetic potential (PP), and net photosynthetic productivity (NPP). Under modern cultivation technologies, binary cropping systems are of particular

importance, as the interaction between components can lead to a synergistic increase in the photosynthetic activity of the agrocenoses. The aim of the study was to determine the specific features of the formation of photosynthetic parameters of maize and soybean in monoculture and binary crops depending on the level of mineral nutrition under the conditions of the Forest-Steppe zone of Ukraine.

**Methods.** The research was conducted during 2021–2025 on typical low-humus chernozem soil. The dynamics of leaf area, leaf area index (LAI), photosynthetic potential, and net photosynthetic productivity were studied under the following fertilization systems: no fertilizers,  $N_{60}P_{45}K_{45}$ , and  $N_{90}P_{60}K_{60}$ . **Results.** It was established that in maize monoculture, the maximum leaf area ranged from 38.3 to 45.5 thousand  $m^2/ha$  (LAI 3.83–4.55), whereas in binary crops the total leaf area increased to 65.6–68.1 thousand  $m^2/ha$ ,

exceeding monoculture by 44.2–49.8%. The total photosynthetic potential of binary crops reached 4.00–4.32 million  $m^2 \cdot days/ha$ , exceeding maize monoculture by 42.9–54.3% and soybean monoculture by 2.1–2.2 times. The maximum total NPP in binary crops was 8.63–10.78  $g/m^2$  per day, which is 43.6–117.7% higher than in maize monoculture. The increase in NPP of maize in binary crops was 10.8–27.3%, and soybean 10.9–26.1%, indicating a synergistic interaction between components. **Conclusions.** The obtained results confirm that binary cropping of maize with soybean provides a significant increase in photosynthetic potential and efficiency of PAR (photosynthetically active radiation) utilization, which forms the physiological basis for increased productivity of agrocenoses.

**Key words:** maize, soybean, binary crops, leaf area, LAI, photosynthetic potential, net photosynthetic productivity.

Дата першого надходження статті до видання: 09.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ТА ФОРМУВАННЯ ЛІСОНАСІННЄВИХ ПЛАНТАЦІЙ

НЕЙКО І.С. – доктор сільськогосподарських наук

[orcid.org/0000-0002-4473-540X](https://orcid.org/0000-0002-4473-540X)

Вінницький національний аграрний університет

**Постановка проблеми.** Репродуктивні функції основних лісотвірних порід є одним із найбільш важливих аспектів відновлення та генезису лісових екосистем. Репродуктивну здатність деревних видів визначають біолого-екологічні, генетичні та чинники навколишнього середовища. Основними напрямками лісової селекції є індивідуальний та популяційний відбір, які передбачають збереження та розмноження кращих видів та популяцій, а також отримання у подальшому селекційно покращеного матеріалу. Для отримання лісового насіння покращеної селекційної якості було розроблено основні засади плантаційного лісового насінництва. Більшість лісонасіннєвих плантацій було закладено у середині минулого століття. На сьогоднішній день значна частина цих об'єктів характеризується погіршенням стану та зниженням репродуктивних функцій. У зв'язку із цим аналіз створення, формування та сучасного стану і репродуктивних функцій лісонасіннєвих плантацій є особливо актуальним.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Початкові етапи лісового плантаційного насінництва були розроблені у Швеції під керівництвом Сіраха [15]. Ним вперше було закладено клонові лісонасіннєві плантації із використанням генотипів кращих «плюсових» дерев. Завдяки створенню перших клонових плантацій вдалося: зосередити кращі генотипи (вегетативні потомства) кращих дерев у межах певної території; провести контрольоване перезапилення кращих дерев для отримання потомства «повних сібсів»; у ранні терміни отримати селекційно покращене насіння у зв'язку із більш ранніми термінами вступу у репродуктивну фазу дерев [1, 4, 9]. Лісове плантаційне насінництво найбільш інтенсивно розвивалося саме у Швеції. У 40-60-их роках минулого століття у цій країні було створено понад 350 га клонових плантацій для отримання селекційно покращеного насіння. Починаючи із середини минулого століття плантаційне лісове насінництво почало активно розвиватися у Фінляндії, а також інших країнах Європи. Основні засади щодо створення, догляду та використання за плантаціями були висвітлені у працях багатьох європейських вчених [10-15, 17]. Поряд із цим, на етапах створення плантацій вони відігравали здебільшого роль наукових об'єктів.

У межах України основні засади лісової генетики та селекції, а також створення, вирощування та використання селекційних об'єктів в Україні були розроблені під керівництвом П'ятницького [1, 3, 8]. У 60-их роках

минулого століття були розроблені та запропоновані щодо широкого впровадження ключові засади елітного лісового насінництва. Саме ці засади передбачали створення у межах лісового фонду лісогосподарських підприємств об'єктів постійної лісонасіннєвої бази (ПЛНБ). Основними об'єктами ПЛНБ було визначено: плюсові дерева, плюсові насадження, лісові генетичні резервати, клонові та родинні плантації, постійні та тимчасові лісонасіннєві ділянки та інші об'єкти лісової селекції. У наступні десятиліття було розроблено та удосконалено методики та технології щодо закладання та вирощування лісонасіннєвих плантацій в Україні [1, 3, 5, 8]. Завдячуючи науково-дослідним роботам було впроваджено основи елітного лісового насінництва у практику ведення лісового господарства. Станом на 2016-й рік у межах України загальна площа клонових лісонасіннєвих плантацій становила близько 1000 га, а площа родинних плантацій складала близько 180 га. На плантаціях представлено 7 видів основних лісотвірних порід [8, 16].

Основними методами створення лісонасіннєвих плантацій є: висаджування попередньо щеплених саджанців; використання «підщепних» лісових культур (щеплення на уже спеціально створені лісові культури); використання типових лісових культур, створених у попередні роки із поступовим зрідженням та видаленням рослин [5].

Останні наукові дослідження також спрямовані на вирішення ряду інших наукових завдань. Зокрема, напрямки стосуються: технології створення плантацій та використання різноманітних площ; застосування різноманітних схем закладання да використання репродуктивного матеріалу; застосування оптимальних та удосконалених схем змішування та кількості генотипів на плантаціях; використання та удосконалення методів активізації репродуктивних процесів на плантаціях; використання засобів та методів захисту від хвороб та шкідників на плантаціях; використання та удосконалення різноманітних методів та способів заготівлі живців та методів і способів щеплення; заготівлі лісового насіння [1-7, 9].

**Результати досліджень.** За результатами проведено аналізу літературних джерел встановлено, що на початковому етапі були створені лісонасіннєві плантації першого порядку (першої генерації). У подальшому лабораторією селекції Українського науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації



ім. Г.М. Висоцького (УкрНДІЛГА) було розроблено для впровадження в Україні основні засади щодо створення лісонасінневих плантацій другого порядку (другої генерації). До таких плантацій увійшли: родинно-клонові плантації (РКП); плантації віддалених географічних форм (КПВГФ); клонові плантації із загальною комбінаційною здатністю (КПЗКЗ), клонові плантації із специфічною комбінаційною здатністю (КПСКЗ); та реконструйовані плантації першого покоління (РППП) [8].

Поряд із розробленими основними засадами стосовно створення та вирощування лісонасінневих плантацій підвищеного генетичного рівня, практичне їх впровадження на даний час залишається проблемним. У першу чергу це обумовлено відсутністю достатньої кількості «плюсових» дерев, які можуть бути обраним у категорію «елітних». Також проблемність пов'язана із значною тривалістю та трудомісткістю відбору дерев для створення лісонасінневих плантацій 2-го порядку (кількість генотипів повинна складати не менше 20-ти) [5].

Родинні плантації характеризуються нижчим генетичним рівнем та нижчою селекційною цінністю. У останні десятиліття кількість та площі зазначених плантацій суттєво зросли. Значна частина родинних плантацій основних лісотвірних порід була створена під час виконання Державної програми щодо створення лісових селекційних об'єктів. Так, впродовж 2012-2015 років лише у зоні центрального Лісостепу було створено понад 100 га родинних плантацій дуба звичайного. Основним джерелом заготівлі насіння для створення цих плантацій були архівно-маточні плантації.

Згідно до результатів проведених досліджень в умовах Харківської області встановлено, що перше насіння із клонових плантацій сосни звичайної можна отримати уже у віці 3-4 років. Промислову заготівлю лісового насіння сосни звичайної із клонових плантацій можна розпочинати уже починаючи із віку 10-ти років [3, 4, 5, 9].

Одним із важливих аспектів забезпечення високої насінневої продуктивності дерев на плантаціях є умови їх створення, які визначаються кліматичними та ґрунтово-гідрологічними характеристиками територій. Переважна кількість дослідників схильється до думки, що лісонасінневі плантації повинні бути створені у оптимальних умовах середовища для даної деревної породи умовах [1, 5, 8].

Дослідження насінневої продуктивності плантацій є чи не ключовим питанням, адже основна мета створення плантацій полягає саме у отриманні достатньої кількості високоякісного лісового насіння. З метою підвищення насінневої продуктивності плантацій фінськими науковцями було проведено активні експерименти щодо створення плантацій основних лісотвірних порід – сосни звичайної та ялини європейської на південній межі ареалу поширення видів. У 1991–1992 роках були створені клонові плантації сосни звичайної та ялини європейської фінського походження у межах Вінниччини. На даний час клонові плантації характеризуються добрим станом та високою репродуктивною здатністю [7]. Дослідження фінських вчених довели високу життєздатність вирощеного лісового насіння у межах південних

регіонах. Науковцями зазначено що насіння, вирощене у південних регіонах може успішно використовуватися у Фінляндії. Отримане у південних регіонах насіння та вирощені рослини характеризуються високим рівнем холодостійкості [17].

За розробленими в Україні Настановами із лісового насінництва рекомендовано закладати лісонасінневі плантації у найбільш сприятливих умовах для відповідної деревної породи. Якщо ж умови є недостатньо родючими чи характеризуються низьким рівнем зволоження – рекомендовано проводити додаткове підживлення, або ж зрошення ґрунту [5]. Результати наукових досліджень часто констатують низьку репродуктивну здатність лісонасінневих плантацій [2, 6]. У першу чергу це стосується лісонасінневої плантації дуба звичайного. До основних причин цього віднесено: несвоєчасні зрідження дерев та загущеність плантацій; представництво різних фенологічних форм; недостатня кількість пилку та його поширення; вплив хвороби а шкідників лісу; несприятливі погодно-кліматичні умови [1–4, 6, 9, 17].

На сьогоднішній час дискусійним питанням залишається обрізування крон дерев. Так, зазначається, що для листяних деревних порід, які мають важке насіння (дуб, бук, горіх) обрізування крон є неефективним. Саме обрізування крон не призводить до підвищення насінневої продуктивності, а заготівля лісового насіння здійснюється із поверхні ґрунту після його опадання. Інша ситуація із хвойними деревними породами. Такий захід як обрізування крон є особливо важливим з огляду технології заготівлі лісового насіння. Це дає можливість заготовити насіння із використанням звичайних драбин чи із автомобілів без спеціального устаткування для піднімання у урони. Поряд із цим підйомні механізми можуть використовуватися для підняття у крону дерев для заготівлі шишок у хвойних деревних порід.

Захист плантацій від хвороб та шкідників лісу є одним із ключових. За проведеними науковими дослідженнями встановлено, що шкідниками може бути знищено до 80% урожаю основних лісотвірних порід. Найчастіше для захисту урожаю використовують хімічні методи захисту. Зазначені заходи щодо захисту урожаю дають можливість проводити успішну боротьбу із хворобами та шкідниками лісового насіння [1, 5].

На сьогоднішній час у повній мірі не розроблено концепції створення та технологій догляду за лісонасінневими плантаціями в умовах кліматичних змін. Також остаточно не з'ясовано, як саме кліматичні зміни можуть вплинути на стан та репродуктивні функції як окремих видів так і генотипів зокрема. Вважається, що в умовах глобальних кліматичних змін лісонасінневі плантації можуть залишитися чи не єдиним джерелом отримання якісного, стійкого до умов та життєздатного лісового насіння. У першу чергу акцентується увага на лісонасінневі плантації підвищеного генетичного рівня [11].

Наукові дослідження щодо удосконалення методів та способів створення, вирощування, догляду за лісонасінневими плантаціями проводилися впродовж останніх десятиліть. Для створення плантацій



лісогосподарськими підприємствами надавалися різноманітні ділянки лісового фонду. За отриманим практичним досвідом встановлено, що ділянки свіжих суцільних зрубів є оптимальними для успішної приживлюваності рослин чи росту та розвитку насіннєвого потомства. Поряд із цим, уже у наступні роки спостерігається висока конкуренція з боку трав'янистої та чагарникової рослинності. На землях, виведених з-під сільськогосподарського користування приживлюваність рослин а також схожість насіння є значно гіршою. У наступні роки спостерігаються тенденції щодо пошкодження рослин чинниками як біотичного так і а біотичного характеру. З іншого боку на зазначених категоріях земель відсутня конкуренція з боку іншої рослинності. На таких ділянках може використовуватися сільськогосподарська техніка для проведення доглядів у міжряддях, внаслідок чого догляд за ними значно спрощується.

У підсумку слід зазначити, що лісонасіннєві плантації відіграють ключову роль у забезпеченні лісовим насінням підвищеної селекційної цінності лісогосподарські підприємства. Більшість плантацій характеризуються добрим станом та розвитком. Для створення лісонасіннєвих плантацій можуть бути використані як ділянки свіжих зрубів так і землі, виведені з-під сільськогосподарського користування. Більш перспективним є створення та вирощування лісонасіннєвих плантацій підвищеного генетичного рівня, які є більш стійкими в умовах кліматичних змін. Саме ці плантації у майбутньому можуть бути чи не єдиним джерелом отримання лісового насіння покращеної селекційної якості.

**Висновки.** За результатами проведеного аналізу встановлено, що більшість лісонасіннєвих плантацій відповідають своєму функціональному призначенню. Значна частина плантацій характеризується добрим станом, ростом, розвитком та високим рівнем репродукції. Для створення лісонасіннєвих плантацій можуть бути використані як землі, виведені з-під сільськогосподарського користування так і ділянки свіжих зрубів. У перспективі є більш доцільним створення плантацій підвищеного генетичного рівня.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Білоус В.І. Дуб звичайний в лісах України: монографія. Вінниця: Книга-Вега, 2009. 176 с.
2. Лось С.А. Динаміка репродуктивних процесів на клонівих насінних плантаціях дуба звичайного (*Quercus robur* L.) у Лівобережному Лісостепу України. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2018. № 15. С. 64–72.
3. Мажула О.С. Ключові моменти розвитку лісового насінництва в Україні. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2008. № 112. С. 132–134.
4. Мажула О.С. Репродуктивні характеристики родинних і клонівих насінних плантацій сосни звичайної. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2006. № 109. С. 152–156
5. Настанови з лісового насінництва / УкрНДІЛГА. Харків, 1993. 60 с.
6. Нейко І.С., Монарх В.В. Особливості цвітіння, формування зав'язей та плодоношення дуба звичайного на клонівій плантації в умовах Вінниччини. *Вісник*

*Уманського Національного університету садівництва*. 2017. № 1. С. 101–104.

7. Нейко І.С., Юрків З.М. Адаптивна здатність та особливості утворення репродуктивних органів сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) фінського походження на клонівій плантації в умовах Вінниччини. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2017. № 1 (58). Т. 1. С. 120–127.
8. Ткач В.П., Лось С.А., Терещенко Л.І., Торосова Л.О., Висоцька Н.Ю., Волосянчук Р.Т. Сучасний стан та перспективи розвитку лісової селекції в Україні. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2013. № 123. С. 3–12.
9. Шлончак Г.А., Шлончак Г.В. Ефективність використання клонівих плантацій сосни звичайної для потреб лісовідтворення. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2009. № 115. С. 65–70.
10. Haapanen M., Hynynen J., Ruotsalainen S., Siipilehto J., Kilpelainen M.–L. Realised and projected gains in growth, quality and simulated yield of genetically improved Scots pine in southern Finland. 2016. *Eur. J. Forest Res.* Vol. 135. P. 997–1009.
11. Lindgren D., Karlsson B., Andersson B., Prescher F. Swedish seed orchards for Scots pine and Norway spruce. *Proceedings of a Seed Orchard Conference: 2007: Proceedings from a conference, 26-28 September 2007. Umeå, Sweden, 2007.* P. 142.
12. Lindquist B. Genetics in Swedish Forestry Practice. Stockholm: Svenska Skogsvar. Forlag., 1948. 173 p.
13. Matyas Cs. Seed orchards: Genetics of Scots Pine. *Akademiai Kiado*. 1991. P. 125–145.
14. Pulkkinen P., Haapanen M., Mikola J. Effect of southern pollination on the survival and growth of seed orchard progenies of northern Scots pine (*Pinus sylvestris*) clones. *Forest Ecology and Management*. 1995. Vol. 73 (1-3). P. 75–84.
15. Syrach Larsen C. Seed orchards in forestry. Forest tree improvement. 1972. № 4. P. 7–19
16. State forest genetic resources in Ukraine / Los S.A. et al. Kharkiv: Planeta-Print, 2014. 138 c.
17. Wu, D., Pulkkinen, P., Pappinen, A. et al. Frost hardiness of Finnish plus tree progenies of Scots pine from seed orchards in Finland and Ukraine. *Eur J Forest Res.* 142, 1467–1477 (2023)

#### REFERENCES:

1. Bilous V.I. (2009). Dub zvychainyi v lisakh Ukrainy [Common oak in the forests of Ukraine]. Vinnytsia: Knyha-Veha, 176 p. [in Ukrainian].
2. Los S.A. (2018). Dynamika reproduktyvnykh protsesiv na klonovykh nasinnnykh plantatsiakh duba zvychainoho (*Quercus robur* L.) u Livoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Dynamics of reproductive processes in clonal seed plantations of common oak (*Quercus robur* L.) in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. Lviv: Naukovi pratsi Lisivnychoi akademii nauk Ukrainy. № 15. 64–72. [in Ukrainian].
3. Mazhula O.S. (2008). Kliuchovi momenty rozvytku lisovoho nasinnnytstva v Ukraini [Key moments in the development of forest seed in Ukraine]. Kharkiv: Lisivnytstvo i ahrolisomelioratsiia, 112, 132–134. [in Ukrainian].
4. Mazhula O.S. (2006). Reproduktyvni kharakterystyky rodynnykh i klonovykh nasinnnykh plantatsii sosny

- zvychainoi [Reproductive characteristics of related and clonal seed orchards of Scots pine]. Kharkiv: Lisivnytstvo i ahrolisomeliioratsiia, 109, 152–156. [in Ukrainian].
5. Nastanovy z lisovoho nasinnytstva (1993). [Guidelines for forest seed production]. Kharkiv: UkrNDILHA, 60 p. [in Ukrainian].
  6. Neiko I.S., Monarkh V.V. (2017). Osoblyvosti tsvitinnia, formuvannia zaviaziei ta plodonoshennia duba zvychainoho na klonovii plantatsii v umovakh Vinnychchyny [Peculiarities of flowering, ovary formation and fruiting of common oak on a clonal plantation in the conditions of Vinnytsia]. Uman: Visnyk Umanskoho Natsionalnogo universytetu sadivnytstva, 1, 101–104. [in Ukrainian].
  7. Neiko I.S., Yurkiv Z.M. (2017). Adaptivna zdatsnist ta osoblyvosti utvorennia reproduktyvnykh orhaniv sosny zvychainoi (*Pinus sylvestris* L.) finskoho pokhodzhenia na klonovii plantatsii v umovakh Vinnychchyny [Adaptive ability and features of the formation of reproductive organs of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) of Finnish origin on a clonal seed orchard in the conditions of Vinnytsia region]. Zhytomyr: Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnogo ahroekolohichnogo universytetu. 1, 120–127. [in Ukrainian].
  8. Tkach V.P., Los S.A., Tereshchenko L.I., Torosova L.O., Vysotska N.Iu., Volosianchuk R.T. (2013). Suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku lisovoi seleksii v Ukraini [Current state and prospects for the development of forest selection in Ukraine]. Kharkiv: Lisivnytstvo i ahrolisomeliioratsiia, 123, 3–12 [in Ukrainian].
  9. Shlonchak H.A., Shlonchak H.V. (2009). Efektyvnist vykorystannia klonovykh plantatsii sosny zvychainoi dlia potreb lisovidtvorennia [Effectiveness of using clonal plantations of Scots pine for the needs of reforestation]. Kharkiv: Lisivnytstvo i ahrolisomeliioratsiia. 115, 65–70 [in Ukrainian].
  10. Haapanen M., Hynynen J., Ruotsalainen S., Siipilehto J., Kilpeläinen M.-L. (2016). Realised and projected gain-sin growth, quality and simulated yield of genetically improved Scots pine in southern Finland. Finland, Eur. J. Forest Res. Vol. 135. P. 997–1009.
  11. Lindgren D., Karlsson B., Andersson B., Prescher F. Swedish seed orchards for Scots pine and Norway spruce. (2007). Umeå: Proceedings of a Seed Orchard Conference, P. 142.
  12. Lindquist B. Genetics in Swedish Forestry Practice (1948). Stockholm: Svenska Scogsvar. Forlag., 173 p.
  13. Matyas Cs. Seed orchards: Genetics of Scots Pine (1991). Budapest: Akademiai Kiado. P. 125–145.
  14. Pulkkinen P., Haapanen M., Mikola J. (1995). Effect of southern pollination on the survival and growth of seed orchard progenies of northern Scots pine (*Pinus sylvestris*) clones. Micro: Forest Ecology and Management, Vol. 73 (1-3). P. 75–84.
  15. Syrach Larsen C. Seed orchards in forestry (1972). Stockholm: Forest tree improvement, № 4. P. 7–19
  16. Los S.A. et al (2014). State forest genetic resources in Ukraine. Kharkiv: Planeta-Print, 138 p.
  17. Wu, D., Pulkkinen, P., Pappinen, A. et al. (2023). Frost hardiness of Finnish plus tree progenies of Scots pine from seed orchards in Finland and Ukraine. GmbH Germany: Eur J Forest Res 142, 1467–1477.

### Нейко І.С. Особливості створення та формування лісонасіннєвих плантацій

**Мета.** Лісонасіннєві плантації відіграють ключову роль у забезпеченні лісовим насінням лісогосподарських підприємств. Більшість із них успішно створено та функціонують сьогодні як в Україні та й інших країнах світу. Основною метою створення лісонасіннєвих плантацій є отримання лісового насіння підвищеної селекційної цінності у достатніх обсягах. У зв'язку із цим – оцінювання їх стану та насіннєвої продуктивності є одним із ключових завдань. Мета роботи – провести теоретичний аналіз особливостей створення, формування, сучасного стану, репродуктивних функцій та використання лісонасіннєвих плантацій.

**Методи.** Робота виконана на основі аналізу літературних джерел та практичного досвіду щодо створення, догляду та використання лісонасіннєвих плантацій.

**Результати.** За результатами проведеного аналізу щодо закладання, вирощування та використання лісонасіннєвих плантацій оцінено історичні аспекти їх формування; наведено різноманітні типи лісонасіннєвих плантацій та їх значення для лісового насінництва; оцінено аспекти створення лісонасіннєвих плантацій у різноманітних умовах середовища; проведено аналіз успішності вирощування лісонасіннєвих плантацій у різноманітних умовах середовища та різних категоріях земель; проведено аналіз успішності здійснення доглядів у міжряддях та за кронами із метою активізації насінношення плантацій.

**Висновки.** У результаті проведених досліджень встановлено що: більшість плантацій характеризуються добрим станом, ростом та розвитком, значна частина із них відрізняються високою насіннєвою продуктивністю; лісонасіннєві плантації підвищеного генетичного рівня залишаються чи єдиним джерелом отримання високоякісного селекційно покращеного лісового насіння; актуальними залишаються питання підвищення насіннєвої продуктивності та створення плантацій підвищеного генетичного рівня.

**Ключові слова:** лісове насінництво, репродукція, клоно, лісове насіння, генотип.

### Neyko I.S. Features of the establishment and formation of forest seed orchards

**Purpose.** Forest seed orchards play a key role in providing forest enterprises with forest seeds. Most of them have been successfully created and are functioning today both in Ukraine and in other countries of the world. The main purpose of creating forest seed orchards is to obtain forest seeds of increased breeding value in sufficient quantities. In this regard, assessing their condition and seed productivity is one of the key tasks. The purpose of the manuscript is to conduct a theoretical analysis of the features of the creation, formation, current state, reproductive functions and use of forest seed orchards.

**Methods.** The manuscript was carried out on the basis of an analysis of literary sources and practical experience in the creation, care and use of forest seed orchards.

**Results.** Based on the results of the analysis of the establishment, cultivation and use of forest seed orchards, the historical aspects of their formation were assessed; various types of forest seed orchards and their significance for forest seed production were presented; aspects of creating

forest seed orchards in various environmental conditions were assessed; an analysis of the success of growing forest seed orchards in various environmental conditions and different categories of land was conducted; an analysis of the success of care in between rows and behind the crowns was conducted in order to activate the seeding of orchards.

*Findings.* As a result of the conducted research, it was established that: most orchards are characterized by good

condition, growth and development, a significant part of them are distinguished by high seed productivity; forest seed orchards of increased genetic level remain the only source of obtaining high-quality selectively improved forest seeds; the issues of increasing seed productivity and creating orchards of increased genetic level remain relevant.

**Key words:** *forest seed production, reproduction, clones, forest seeds, genotype.*

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## ҐРУНТОВА СХОЖІСТЬ НАСІННЯ ВИДІВ РОДУ *HYDRANGEA* L. ЗАЛЕЖНО ВІД ГЕНОТИПУ ТА СПОСОБУ СІВБИ

ОСІПОВ М.Ю. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
[orcid.org/0000-0001-7004-1164](https://orcid.org/0000-0001-7004-1164)

Уманський національний університет Міністерства освіти та науки України

ПОЛІЩУК В.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор  
[orcid.org/0000-0001-8157-7028](https://orcid.org/0000-0001-8157-7028)

Уманський національний університет Міністерства освіти та науки України

**Постановка проблеми.** Відомо, що для повної реалізації генетичного потенціалу сільськогосподарських культур і підвищення їхньої врожайності необхідно забезпечити оптимальні умови вирощування [1, 2]. Саме тому, усі елементи технології вирощування повинні бути спрямовані на забезпечення сприятливих умов для проходження фізіологічних процесів, які визначають рівень продуктивності рослин [3, 4].

Розмноження рослин роду *Hydrangea* генеративним способом неможливе без наявності достатньої кількості схожого насіння. Відомо, що в умовах України насіння гортензії дозріває за суми ефективних температур у межах 2239-2746 °С, а також, що насіння більшості видів має високу схожість та не потребує спеціальної підготовки [5]. Однак, у літературних джерелах недостатньо інформації щодо врожайності та якості насіння даної культури залежно від біологічних особливостей та способів її сівби, що обумовлює перспективи подальших досліджень.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Одним із методів прогнозування польової схожості насіння є метод ґрунтового контролю, який дозволяє отримати максимально наближені до фактичної польової схожості дані, що зумовлено умовами пророщування насіння у лабораторії, які наближені до весняних польових [7, 8].

Ґрунтова схожість найбільше корелює з польовою та залежить від комплексу факторів – якості насіння, яке формується у процесі вирощування, лабораторної схожості, ґрунтових і погодних умов та агротехнологічних заходів вирощування [9, 10].

Існує кілька підходів до визначення ґрунтової схожості насіння, які передбачають використання різних ґрунтових субстратів для пророщування та способи сівби. Водночас, окремі фахівці вважають, що пророщування насіння гортензії в ґрунті є ненадійним і складним, оскільки потребує ретельного знезараження ґрунту. Це зумовлено тим, що збудники хвороб, зокрема віруси, грибки чи шкідники, можуть зберігатися в ґрунті та негативно впливати на рівень схожості.

Зазвичай, посівний матеріал розкладають на зволожений ґрунт і за необхідності засипають. Через 1–2 тижні пророщування при температурі 18-24 °С перевіряють його схожість [8]. Оптимальними є посіви в дерев'яні

ящики [9]. Висівають насіння на суміш ґрунту після чого проводять полив та присипають шаром ґрунту. Парнички накривають склом або плівкою, яку періодично знімають для провітрювання посівів і зволоження субстрату. Пророщують насіння за температури – 15–20 °С [12-14].

**Мета досліджень.** Визначити ґрунтову схожість насіння рослин роду *Hydrangea* L. залежно від біологічних особливостей та способів сівби.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження проведено упродовж 2020-2024 роках в Уманському національному університеті МОН та у Національному дендрологічному парку «Софіївка» НАН України.

Дослідження з визначення ґрунтової схожості проводили з насінням двох видів гортензії – *H. macrophylla* та *H. arborescens*, використовуючи ростильні, які заповнювали ґрунтовою сумішшю, сівбу насіння проводили: поверхнево на ґрунт без присипання; поверхнево на ґрунт з присипанням піском; поверхнево, злегка його втискуючи у ґрунт; у ґрунт, на глибину 0,5-0,8 см. Перед сівбою насіння попередньо замочували на дві години у розчині марганцевокислого калію. Упродовж всього періоду пророщування вологість ґрунту підтримували шляхом розпилювання води. Температура пророщування – 18–20 °С.

До складу суміш для пророщування насіння входили: пісок, листова земля, дернова земля, перегній та торф у співвідношенні 0,5:1:1:1:0,5.

Перед сівбою насіння попередньо замочували на дві години у розчині марганцевокислого калію з метою знезараження посівного матеріалу, знищення збудників грибкових, бактеріальних та вірусних інфекцій.

Статистичну обробку експериментальних даних проводили методами дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізів за Фішером [16] та згідно з загальноприйнятою методикою [17].

**Результати досліджень.** Визначено, що ґрунтова схожість насіння гортензії залежала від способів сівби. У середньому за видами гортензії достовірно вищу ґрунтову схожість отримано за сівби насіння поверхнево на ґрунт з присипанням піском та за сівби поверхнево, злегка втискуючи насіння у ґрунт (рис. 1).

За таких способів сівби повні сходи отримано через 28 діб. За сівби насіння поверхнево на ґрунт без його



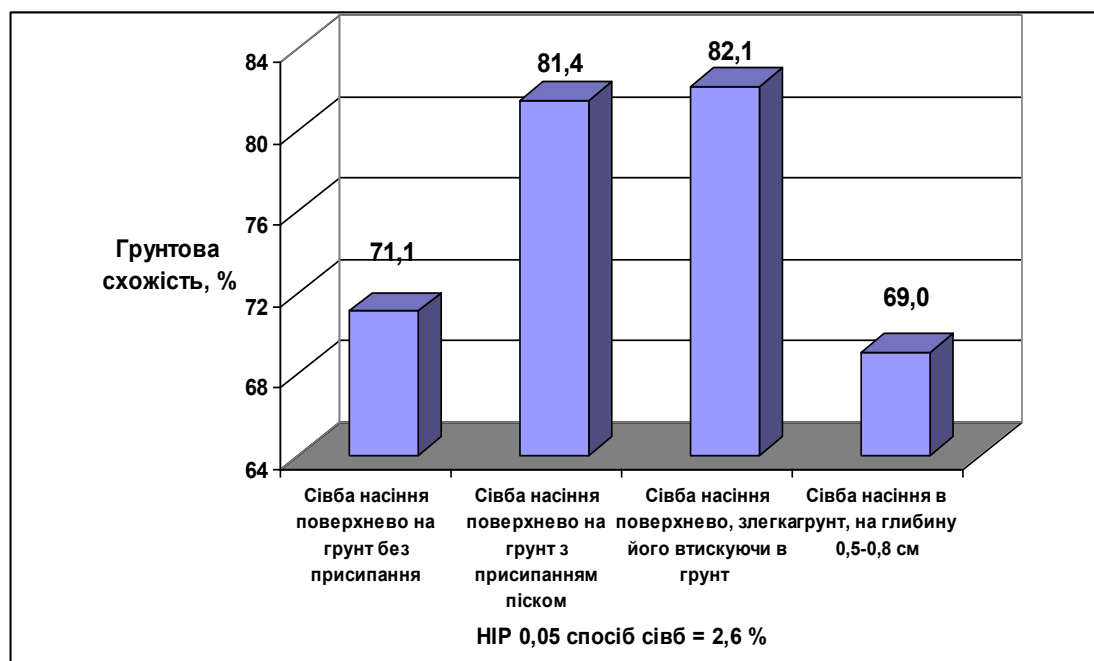


Рис. 1. Грунтова схожість насіння залежно від способів сівби (середнє 2022-2024 рр.)

присипання ґрунтова схожість була достовірно нижчою, а повні сходи отримано на чотири доби пізніше.

Найнижчу ґрунтову схожість – 69 % отримано за сівби насіння у ґрунт на глибину 0,5–0,8 см. Повні сходи отримано через 43 доби. Аналогічні результати отримано за видами гортензії. Достовірно більшу ґрунтову схожість обох видів гортензії, отримано за сівби насіння поверхнево на ґрунт з присипанням піском та поверхнево, злегка втискуючи насіння у ґрунт з відповідними показниками 80,7–81,6 % та 82,2–82,7 % (табл. 1).

Достовірної різниці залежно від видів гортензії та способів сівби не виявлено. За сівби насіння поверхнево на ґрунт без присипання ґрунтова схожість була значно меншою у обох видів гортензії. Значно меншою була ґрунтова схожість у обох видів гортензії за сівби у ґрунт на глибину 0,5–0,8 см. За усіх способів сівби спостерігалася тенденція підвищення ґрунтової схожості насіння *H. arborescens*, порівняно з *H. macrophylla*. Аналогічні результати отримані за роками досліджень.

У результаті дисперсійного аналізу виявлено, що визначальним чинником впливу на ґрунтову схожість

насіння є спосіб сівби, частка впливу якого становила 87,5 % (рис. 2).

Вплив фактору «вид гортензії» був незначним – лише 0,8 %, а взаємодія чинників вид гортензії та спосіб сівби ще меншим – 0,2 %. Частка впливу інших факторів становила 11,5 %, що може бути зумовлено як похибками під час проведення дослідів, так і наявністю інфекції в субстраті, оскільки знезараженню піддавали лише насіння, тоді як ґрунт не дезінфікували.

Отже, незалежно від виду гортензії, насіння рекомендовано сіяти поверхнево, присипавши його невеликим шаром субстрату, піском або легенько його втискуючи. Упродовж всього пророщування необхідно підтримувати вологість субстрату, шляхом розпилювання води, що забезпечить отримання найбільшої ґрунтової схожості за 28–30 діб.

**Висновки.** За видами гортензії достовірно вищу ґрунтову схожість отримано за сівби насіння поверхнево на ґрунт з присипанням піском – 81,4 %, та за сівби поверхнево, злегка насіння втискуючи в ґрунт – 82,1 %. Найнижчу ґрунтову схожість – 69 % отримано за сівби насіння в ґрунт на глибину 0,5–0,8 см. За всіх

Таблиця 1

Грунтова схожість насіння залежно від біологічних особливостей та способів сівби (середнє за 2022-2024 рр.)

| Спосіб сівби                                            | Вид гортензії         |                       |
|---------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                                         | <i>H. macrophylla</i> | <i>H. arborescens</i> |
| Сівба насіння поверхнево на ґрунт без присипання        | 71,0                  | 71,2                  |
| Сівба насіння поверхнево на ґрунт з присипанням піском  | 80,7                  | 82,2                  |
| Сівба насіння поверхнево, злегка його втискуючи в ґрунт | 81,6                  | 82,7                  |
| Сівба насіння в ґрунт, на глибину 0,5-0,8 см            | 68,2                  | 69,9                  |
| HIP <sub>0,05 заг.</sub>                                | 3,6                   |                       |
| HIP <sub>0,05 вид гортензії</sub>                       | 1,8                   |                       |
| HIP <sub>0,05 спосіб сівби</sub>                        | 2,6                   |                       |

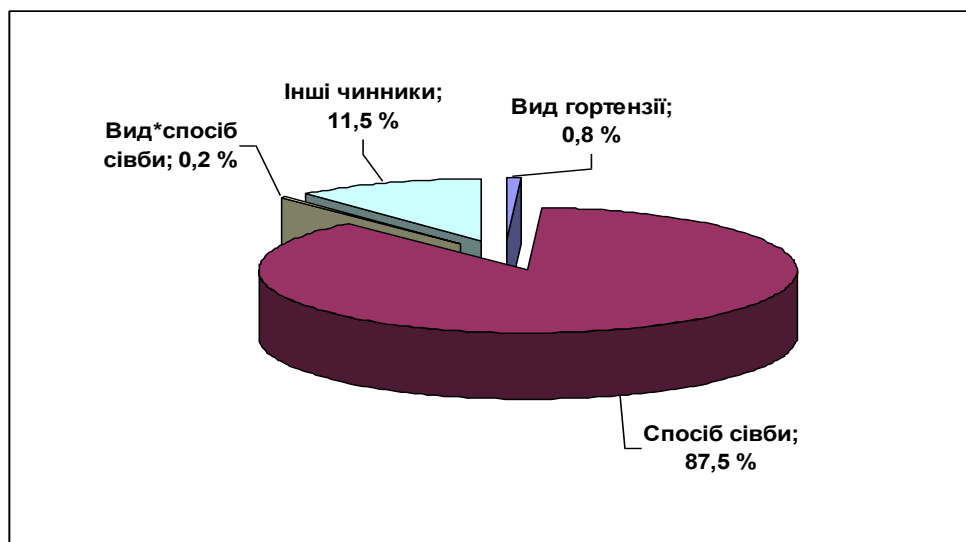


Рис. 2 Вплив факторів на ґрунтову схожість залежно від біологічних особливостей та способів сівби (середнє за 2022–2024 рр.)

способів сівби спостерігалася тенденція підвищення ґрунтової схожості насіння *H. arborescens*, порівняно з *H. macrophylla*. Дисперсійним аналізом виявлено, що найбільшим впливом на ґрунтову схожість насіння був чинник «спосіб сівби», який становив 87,5 %.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Поліщук М. І., Хавхун А. А. Шляхи підвищення врожайності гібридів кукурудзи в умовах потепління клімату. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2023. № 39. С. 54–59. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-2.8>
- Ткаченко Л., Рудавська Н., Тимчишин О., Коник Г., Стасів О. Вплив елементів технології вирощування на продуктивність сої. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. № 75(2). С. 138–146. [https://doi.org/10.32636/01308521.2024-\(75\)-2-12](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(75)-2-12)
- Камінський В. Ф. Наукові основи оптимізації сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур залежно від типу агроформувань. *Збірник наукових праць Національного наукового центру Інститут землеробства НААН*. 2017. № 4. С. 3–14.
- Zolkin A. L., Matvienko E. V., Dudukalov E. V., Saradzhewa O. V., Chistyakov M. S. Development of elements of agricultural technology for crops with high economically valuable traits. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022. Vol. 1076, No. 1. P. 012021.
- Коркуленко О. М. Особливості плодоношення інтродукованих видів і культиваторів роду *Hydrangea* L. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. Вип. 23.6. С. 267–272.
- Доронін В. А., Бусол М. В., Марченко С. І. Ґрунтовий контроль, як метод оцінки якості насіння цукрових буряків. *Методика, механізація, автоматизація та комп'ютеризація досліджень у землеробстві, рослинництві, садівництві та овочівництві*. 2007. Вип. 9. С. 194–197.
- Карпук Л. М. Залежність польової схожості насіння цукрових буряків від лабораторної. *Агробіологія*. 2012. № 9. С. 42–45.
- Seccato D., Delatorre-Herrera J., Burrieza H., Bertero H. D., Martinez E. A., Delfino I., Moncada S., Bazile D., Castellion M. Seed physiology and response to germination conditions. In : State of the art report on quinoa around the world in 2013. Santiago du Chili : FAO-CIRAD, 2015. P. 131–142.
- Khaeim H., Kende Z., Jolankai M., Kovacs G. P., Gyuricza C., Tarnawa A. Impact of temperature and water on seed germination and seedling growth of maize (*Zea mays* L.). *Agronomy*. 2022. № 12(2). P. 397. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020397>
- Схожість насіння. 2021. URL: [https://agro-market.net/ua/news/gardening/vskhozhest\\_semyan/?srsltid=AfmBOoqAcDJAicV5y8-bqipdTyC9up3qvM7XHY3VIGiumrE99Zlrr6fH](https://agro-market.net/ua/news/gardening/vskhozhest_semyan/?srsltid=AfmBOoqAcDJAicV5y8-bqipdTyC9up3qvM7XHY3VIGiumrE99Zlrr6fH)
- Бессонова В. П. Квітники. Практикум : практикум. Вид. 2-ге доп. іпереробл. Дніпро: «Типографія Україна», 2023. 183 с.
- Гортензія садова: посадка і догляд у відкритому ґрунті, зимівля, обрізка, пересадка, види і сорти. 2023. URL: <https://floristics.info/ua/statti/sadivnitstvo/2176-gortenziya-posadka-i-doglyad-viroshchuvannya-v-sadu.html>
- Як виглядають насіння гортензії. URL: <https://assol.kiev.ua/?p=38837>
- Fisher R. A. Statistical methods for research workers. New Delhi: Cosmo Publications, 2006. 354 p.
- Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті STATISTICA 6. Методичні вказівки. Київ, 2007. 55 с.

#### REFERENCES:

- Polishchuk, M. I., & Khavkhun, A. A. (2023). Shliakhy pidvyshchennia vrozhaivosti hibrydiv kukurudzy v umovakh poteplinnia klimatu [Ways to increase the yield of corn hybrids under conditions of climate

- warming]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*. No 39. P. 54–59. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-2.8> [in Ukrainian].
2. Tkachenko, L., Rudavska, N., Tymchyshyn, O., Konyk, H., & Stasiv, O. (2024). Vplyv elementiv tekhnolohii vyroshchuvannya na produktyvnist soi [The effect of cultivation practices on soybean yield]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo*. No 75(2). P. 138–146. [https://doi.org/10.32636/01308521.2024-\(75\)-2-12](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(75)-2-12) [in Ukrainian].
  3. Kaminskyi, V. F. (2017). Naukovi osnovy optymizatsii suchasnykh tekhnolohii vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur zalezno vid typu ahroformuvan [Scientific foundations for optimizing modern crop cultivation technologies depending on the type of agricultural enterprise]. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho naukovoho tsentru Instytut zemlerobstva NAAN*. No 4. P. 3–14. [in Ukrainian].
  4. Zolkin, A. L., Matvienko, E. V., Dudukalov, E. V., Saradzhieva, O. V., & Chistyakov, M. S. (2022). Development of elements of agricultural technology for crops with high economically valuable traits. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 1076, No. 1. P. 012021.
  5. Korkulenko, O. M. (2013). Osoblyvosti plodonoshennia introdukovanykh vydiv i kultyvatoriv rodu *Hydrangea* L. [Characteristics of fruiting in introduced species and cultivars of the genus *Hydrangea* L.]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*. Vyp. 23.6. P. 267–272. [in Ukrainian].
  6. Doronin, V. A., Busol, M. V., & Marchenko, S. I. Gruntovy kontrol, yak metod otsinky yakosti nasinnia tsukrovykh buriakiv [Soil testing as a method for assessing the quality of sugar beet seeds]. *Zbirnyk naukovykh prats «Metodyka, mekhanizatsiia, avtomatyzatsiia ta kompiuteryzatsiia doslidzhen u zemlerobstvi, roslynnytstvi, sadivnytstvi ta ovochivnytstvi»*. K.: ITsB. 2007. Vyp. 9. P. 194–197. [in Ukrainian].
  7. Karpuk, L. M. (2012). Zalezhnist polovoi skhozhosti nasinnia tsukrovykh buriakiv vid laboratornoi [The relationship between the field germination rate of sugar beet seeds and their laboratory germination rate]. *Ahrobiolohiia*. No. 9. P. 42–45. [in Ukrainian].
  8. Ceccato, D., Delatorre-Herrera, J., Burrieza, H., Bertero, H. D., Martinez, E. A., Delfino, I., Moncada, S., Bazile, D., & Castellion, M. (2015). Seed physiology and response to germination conditions. In : State of the art report on quinoa around the world in 2013. Santiago du Chili : FAO-CIRAD. P. 131–142.
  9. Khaeim, H., Kende, Z., Jolankai, M., Kovacs, G. P., Gyuricza, C., & Tarnawa, A. (2022). Impact of temperature and water on seed germination and seedling growth of maize (*Zea mays* L.). *Agronomy*. No. 12(2). P. 397. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020397>
  10. Skhozhist nasinnia [Seed germination]. (2021). URL: [https://agro-market.net/ua/news/gardening/vskhozhest\\_semyan/?srsId=AfmBOoqAcDJA-icV5y8-bqipdTyC9up\\_3qvM7XHY3VIGiumrE99Zlrr6fH](https://agro-market.net/ua/news/gardening/vskhozhest_semyan/?srsId=AfmBOoqAcDJA-icV5y8-bqipdTyC9up_3qvM7XHY3VIGiumrE99Zlrr6fH) [in Ukrainian].
  11. Bessonova, V. P. (2023). Kvitnyky. Praktikum : praktykum [Flower Gardens: A Practical Guide]. Vyd. 2-he dop. ipererobl. Dnipro: vydavnytstvo «Typohrafiia Ukraina». 183 p. [in Ukrainian].
  12. Hortenzii sadova: posadka i dohliad u vidkrytomu grunti, zymivlia, obrizka, peresadka, vydy i sorty. [Garden Hydrangea: Planting and Care in the Ground, Winter Care, Pruning, Transplanting, Types and Varieties.] (2023). URL: <https://floristics.info/ua/statti/sadivnytstvo/2176-gortenziya-posadka-i-doglyad-viroshchuvannya-v-sadu.html> [in Ukrainian].
  13. Yak vyhlidaiut nasinnia hortenzii [What do hydrangea seeds look like]. URL: <https://assol.kiev.ua/?p=38837> [in Ukrainian]
  16. Fisher, R. A. (2006). Statistical methods for research workers. New Delhi: Cosmo Publications. 354 p.
  17. Ermantraut, E. R., Prysiashniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi STATISTICA 6 [Statistical analysis of agronomic research data in STATISTICA 6]. *Metodychni vkazivky*. Kyiv. 55 p. [in Ukrainian]
- Осіпов М.Ю., Поліщук В.В. Ґрунтова схожість насіння видів роду *Hydrangea* L. залежно від генотипу та способу сівби**
- Мета.** Визначити ґрунтову схожість насіння рослин роду *Hydrangea* L. залежно від біологічних особливостей та способів сівби. **Методи.** Лабораторний, вимірювально-ваговий, математично-статистичний. **Результати.** Визначено, що ґрунтова схожість насіння рослин роду *Hydrangea* L. ї значною мірою залежала від способу сівби. У середньому за видами найвищі показники отримано за поверхневого висіву з присипанням піском і за поверхневого висіву з легким втисненням насіння в ґрунт – 80,7–81,6 % та 82,2–82,7 % відповідно, при цьому повні сходи з'являлися через 28 діб. За сівби насіння без присипання ґрунтова схожість була достовірно нижчою, а повні сходи отримано через 32 доби. Найнижчу ґрунтову схожість отримано за сівби насіння в ґрунт на глибину 0,5–0,8 см – 69 %. Повні сходи отримано через 43 доби. Достовірно більшу ґрунтову схожість обох видів гортензії – великолистяної і деревоподібної, отримано за сівби насіння поверхнево на ґрунт з присипанням піском та поверхнево, злегка втискуючи насіння в ґрунт. Значно меншою була ґрунтова схожість обох видів гортензії за сівби в ґрунт на глибину 0,5–0,8 см. За всіх способів сівби простежувалася тенденція до підвищення ґрунтової схожості насіння гортензії деревоподібної, порівняно з великолистяною, що підтверджено в усі роки досліджень. Дисперсійним аналізом виявлено, що найбільшим впливом на ґрунтову схожість насіння був чинник «спосіб сівби», який становив 87,5 %. **Висновки.** Достовірно вищу ґрунтову схожість отримано за сівби насіння поверхнево на ґрунт з присипанням піском – 81,4 %, та за сівби поверхнево, злегка насіння втискуючи в ґрунт – 82,1 %, порівняно з сівбою насіння в ґрунт на глибину 0,5–0,8 см, ґрунтова схожість за якої становила 69 %. Достовірної різниці залежно від генотипу не виявлено.
- Ключові слова:** генеративне розмноження, спосіб сівби, сходи, пророщування, вид.
- Osipov M.Yu., Polischuk V.V. Germination of seeds of species of the genus *Hydrangea* L. depending on genotype and sowing method**
- Purpose.** To determine the soil germination of seeds from plants of the genus *Hydrangea* L. depending on their biological characteristics and sowing methods. **Methods.** Laboratory, measuring and weighing, mathematical and statistical. **Results.** It was determined that the soil germination of seeds of plants of the genus *Hydrangea* L.

depended to a significant extent on the sowing method. On average across species, the highest germination rates were obtained with surface sowing covered with sand and with surface sowing followed by light pressing of the seeds into the soil – 80.7–81.6 % and 82.2–82.7 %, respectively, with full emergence occurring after 28 days. When seeds were sown without covering, soil germination was significantly lower, and full emergence occurred after 32 days. The lowest soil germination rate was obtained when seeds were sown into the soil at a depth of 0.5–0.8 cm–69%. Full emergence was achieved after 43 days. Significantly higher soil germination rates for both hydrangea species – *Hydrangea macrophylla* and *Hydrangea arborescens* – were obtained when seeds were sown on the soil surface with sand covering and on the surface, lightly pressing the seeds into the soil. Soil germination of both hydrangea species was

significantly lower when seeds were sown into the soil at a depth of 0.5–0.8 cm. For all sowing methods, a trend toward higher soil germination of *Hydrangea arborescens* seeds compared to *Hydrangea macrophylla* was observed, which was confirmed in all years of the study. Analysis of variance revealed that the factor “sowing method” had the greatest influence on soil germination, accounting for 87.5 %. **Conclusions.** Significantly higher soil germination rates were obtained when seeds were sown on the soil surface and covered with sand (81.0 %) and when seeds were sown on the soil surface and lightly pressed into the soil (82.1 %), compared to sowing seeds 0.5–0.8 cm deep, which yielded a soil germination rate of 69 %. No significant differences were found depending on genotype.

**Key words:** sexual reproduction, sowing method, emergence, germination, type.

Дата першого надходження статті до видання: 14.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026



УДК 635.657: 631.559: 631.526.3: 631.53.027  
DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.36.51>

## ПОЛЬОВА СХОЖІСТЬ ТА ВИЖИВАНІСТЬ РОСЛИН НУТУ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ

**ПАНЦИРЕВА Г.В.** – доктор сільськогосподарських наук, доцент,  
провідний науковий співробітник,  
[orcid.org/0000-0002-0539-5211](https://orcid.org/0000-0002-0539-5211)

Вінницький національний аграрний університет

**ГОНЧАР М.В.** – аспірант  
[orcid.org/0000-0003-2294-4646](https://orcid.org/0000-0003-2294-4646)

Вінницький національний аграрний університет

**Постановка проблеми.** В останні роки в Україні спостерігається стійка тенденція до зростання інтересу агровиробників до вирощування нуту, що супроводжується суттєвим розширенням посівних площ під цією культурою. За даними останнього десятиріччя, площі посівів нуту зросли більш ніж у десять разів і наразі становлять орієнтовно 50–70 тис. га. Така динаміка зумовлена як зростанням внутрішнього попиту на зернобобову продукцію, так і високим експортним потенціалом культури. Регіони вирощування нуту в Україні характеризуються значною мінливістю погодних умов, особливо у літній період, коли часто спостерігаються тривалі посухи, високі температури повітря та дефіцит атмосферних опадів. Ці чинники негативно впливають на формування врожайності більшості сільськогосподарських культур, у тому числі зернобобових. У зв'язку з цим актуальним напрямом сучасного рослинництва є впровадження у виробництво посухостійких культур, здатних забезпечувати стабільну продуктивність за умов обмеженого зволоження. Саме до таких культур належить нут звичайний, який вирізняється високою адаптивністю до стресових гідротермічних умов.

На сучасному етапі розвитку вітчизняного рослинництва, що ґрунтується на принципах сталого землекористування та екологізації аграрного виробництва, особливої уваги набуває питання отримання високоякісної насіннєвої продукції за мінімального використання синтетичних препаратів, зокрема азотовмісних мінеральних добрив. У цьому контексті вирощування нуту є перспективним не лише з економічної, а й з екологічної точки зору, оскільки культура здатна залучати атмосферний азот у біологічний кругообіг. Важливу роль у забезпеченні агроценозів біологічним азотом відіграє симбіотична азотфіксація, яка здійснюється за участю бульбочкових бактерій. Використання цього природного механізму сприяє підвищенню родючості ґрунтів, зменшенню потреби в мінеральних добривах, скороченню енергетичних витрат у технології вирощування нуту та зниженню негативного антропогенного впливу на навколишнє середовище. Крім того, накопичення біологічного азоту у ґрунті позитивно впливає на продуктивність культур наступної сівозміни, що підвищує загальну ефективність землеробства.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Польова схожість є комплексним, інтегральним показником, що формується під впливом сукупності генетичних особливостей культури, ґрунтових і гідротермічних умов, біотичних чинників та антропогенного навантаження [1]. Упродовж вегетаційного періоду чисельність рослин на одиниці площі в посівах не залишається сталою, а зазнає постійних змін унаслідок дії різноманітних екологічних і технологічних факторів, що зумовлюють відпад рослин на різних етапах онтогенезу. Аналіз сучасних наукових джерел свідчить, що підвищення рівня польової схожості насіння є одним із вагомих резервів істотного зростання індивідуальної продуктивності рослин та загальної врожайності нуту. Використання насіння з низькими показниками польової схожості, як правило, призводить до формування зріджених посівів і є однією з основних причин зниження показників виживаності рослин упродовж вегетації [2-4].

Вживаність визначають у відсотках як співвідношення кількості рослин перед збиранням урожаю до кількості отриманих сходів, що дає змогу об'єктивно оцінити стабільність посівів. У процесі встановлення оптимальних норм висіву з метою отримання запланованого рівня врожайності необхідно обов'язково враховувати середні показники виживаності рослин у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. У зв'язку з цим визначення змін у густоті посівів набуває важливого значення для коригування технологічних прийомів вирощування культури [5-6].

Рациональне регулювання густоти стояння рослин у підсумку сприяє підвищенню їх індивідуальної продуктивності та забезпечує формування більш високого й стабільного врожаю. Проведені дослідження засвідчили, що рівень польової схожості та виживаності рослин нуту значною мірою залежить від сортових особливостей, посівних якостей насіннєвого матеріалу, способів його передпосівної підготовки, строків сівби, а також від вологості ґрунту на глибині загортання насіння, що безпосередньо впливає на формування густоти посівів. Крім того, доведено істотний вплив ґрунтово-кліматичних умов регіону та рівня його ресурсного забезпечення на процеси проростання насіння і подальшу виживаність рослин у посівах [7].



**Мета досліджень.** Дослідити вплив технологічних прийомів вирощування на польову схожість та виживаність рослин сортів нуту.

**Методика та умови досліджень.** Теоретичною та методологічною основою досліджень є спеціальні та загальноприйняті методи та методики у агрономії. У схемі досліді передбачено дослідити дію та взаємодію трьох факторів, а саме:

Фактор А – сорт:

1. Тріумф
2. Пам'ять

Фактор В – передпосівна обробка насіння:

1. Без передпосівної обробки насіння (обробка водою);

2. Біоінокулянт-БТУ-р

Фактор С – позакореневі підживлення:

1. Без позакореневого підживлення (контроль)
2. Одне підживлення мікродобривом Help Rost – БОР (3 л/га) у фазу бутонізації.

3. Друге підживлення мікродобривом Help Rost – БОР (3 л/га) у фазі початку наливу насіння.

За контроль прийнято варіант без передпосівної обробки та без позакореневого підживлення. У день сівби насіння нуту звичайного на контрольному варіанті обробляли водою.

**Результати досліджень.** Густота стояння рослин має особливо важливе значення для нуту як культури, що характеризується обмеженою здатністю

компенсувати зрідження посівів. На відміну від зернових колосових культур, нут у значно меншій мірі утворює додаткові пагони, тому будь-які відхилення фактичної кількості рослин від оптимальної норми безпосередньо впливають на формування врожаю [8-11].

Тому саме фактична густота стояння рослин перед збиранням урожаю є одним із ключових чинників, що тісно корелює з рівнем урожайності нуту та стабільністю його виробництва. Моніторинг динаміки густоти стояння рослин сортів Тріумф і Пам'ять, за умов застосування передпосівної інокуляції насіння бактеріальним препаратом і проведення позакореневого підживлення, показав, що попри певні відмінності у календарних строках сівби (22 квітня 2023 року, 11 квітня 2024 року та 25 квітня 2025 року), поява сходів відбулася практично в один і той самий термін. Це свідчить про стабілізуючий ефект інтенсивних технологічних прийомів на процес проростання насіння та формування початкової густоти стояння рослин навіть за різних гідротермічних умов років досліджень. Відповідні результати наведено в таблиці 1. У польових умовах усі дослідні варіанти, що передбачали передпосівну інокуляцію насіння бактеріальним препаратом у поєднанні з дворазовим позакореневим підживленням, сприяли збільшенню густоти стояння рослин нуту в різні фази розвитку за шкалою ВВСН. Найвищу густоту рослин у фазі формування бобів (ВВСН 66–70) зафіксовано у сорту Тріумф на варіанті з обробкою насіння

Таблиця 1

**Густота стояння рослин нуту залежно від елементів технології вирощування, тис. шт./га. (середнє за 2023-2025 рр.)**

| Сорт    | Передпосівна обробка насіння     | Позакореневі підживлення HelpRost – БОР          | Час проведення обліку |                         |
|---------|----------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|
|         |                                  |                                                  | фаза сходів ВВСН 10   | перед збиранням ВВСН 95 |
| Пам'ять | Без обробки Біоінокулянтом БТУ-р | без підживлень мікродобривом Help Rost (Бор) (к) | 369,89                | 280,33                  |
|         |                                  | одне підживлення мікродобривом Help Rost (Бор)   | 369,89                | 287,15                  |
|         |                                  | два підживлення мікродобривом Help Rost (Бор)    | 369,89                | 301,54                  |
|         | Біоінокулянт-БТУ-р               | без підживлень мікродобривом Help Rost (Бор)     | 370,23                | 285,23                  |
|         |                                  | одне підживлення мікродобривом Help Rost (Бор)   | 370,23                | 289,45                  |
|         |                                  | два підживлення мікродобривом Help Rost (Бор)    | 370,23                | 303,76                  |
| Тріумф  | Без обробки Біоінокулянтом БТУ-р | без підживлень мікродобривом Help Rost (Бор)     | 385,12                | 294,76                  |
|         |                                  | одне підживлення мікродобривом Help Rost (Бор)   | 385,12                | 301,22                  |
|         |                                  | два підживлення мікродобривом Help Rost (Бор)    | 385,12                | 306,76                  |
|         | Біоінокулянт-БТУ-р               | без підживлень мікродобривом Help Rost (Бор)     | 400,33                | 320,16                  |
|         |                                  | одне підживлення мікродобривом Help Rost (Бор)   | 400,33                | 325,23                  |
|         |                                  | два підживлення мікродобривом Help Rost (Бор)    | 400,33                | 338,07                  |

препаратом БТУ-р – 485,33 тис. рослин/га, що на 5% перевищувало контрольний показник (460,87 тис. рослин/га). Сорт Пам'ять характеризувався дещо нижчими значеннями густоти стояння. Максимальний показник для цього сорту також було отримано за умов комплексного застосування інокулянту БТУ-р, де кількість рослин у фазі сходів становила 480,23 тис. рослин/га, тоді як на контрольному варіанті – 460,87 тис. рослин/га. Порівняння цих даних свідчить про зростання густоти стояння відносно контролю на 4%, що підтверджує позитивний вплив біологічних препаратів на формування та збереженість рослин нуту.

На момент настання фази повної стиглості, враховуючи вплив застосованих агротехнологічних заходів, густота стояння рослин нуту сорту Триумф становила 460,76 тис./га, а в сорту Пам'ять – 451,56 тис./га на варіантах із інокуляцією насіння та двома позакореневими підживленнями, що також підтверджує ефективність обраного комплексу передпосівної інокуляції та підживлень.

Встановлено, що сортові особливості та застосовані технологічні прийоми вирощування на початкових етапах розвитку рослин мали незначний вплив на формування сходів. Водночас передпосівна інокуляція насіння нуту бульбочковими бактеріями виявилася ефективним агротехнічним заходом, спрямованим на підвищення рівня схожості насіння. Дія цього прийому зумовлена активізацією окисно-відновних процесів у насінні, що сприяє інтенсифікації фізіолого-біохімічних реакцій у період проростання. Застосування передпосівної обробки насіння бактеріальними препаратами забезпечило зростання показників схожості нуту до 86,65 та

87,33 % відповідно, що свідчить про позитивний вплив інокуляції на початковий розвиток культури. Отримані результати підтверджують доцільність використання бульбочкових бактерій як елементу технології вирощування нуту, що відображено в таблиці 2.

Вживаність рослин нуту сортів Пам'ять та Триумф упродовж вегетаційного періоду значною мірою визначалася гідротермічними умовами вирощування, а також застосуванням різних варіантів передпосівної обробки насіння. Отримані результати свідчать, що інокуляція насіння бульбочковими бактеріями препаратом Біоінокулянт-БТУ-р сприяла підвищенню стійкості рослин до дії абіотичних стресових чинників та забезпечувала зростання показників виживаності у період вегетації до 11,43%.

Найвищі значення виживаності були зафіксовані у варіанті досліді, де передпосівну обробку насіння проводили із застосуванням бактеріального препарату біоінокулянт-БТУ-р у поєднанні з дворазовою обробкою посівів мікродобривом Help Rost (Бор). За цих умов рівень виживаності рослин у сорту Пам'ять досягав 82,05%, а у сорту Триумф – 84,45%, що в середньому перевищувало контрольні показники приблизно на 11,43%. Отримані дані підтверджують ефективність комплексного застосування біологічних препаратів на основі штамів бульбочкових бактерій та мікродобрива із бором у технології вирощування нуту з метою підвищення адаптивного потенціалу рослин.

**Висновки.** У результаті проведених досліджень встановлено, що густота стояння рослин є одним із визначальних чинників формування продуктивності

Таблиця 2

**Польова схожість та виживаність рослин нуту залежно від технологічних прийомів вирощування, тис. шт./га (середнє за 2023-2025 рр.)**

| Сорт    | Передпосівна обробка насіння | Позакореневі підживлення                       | Польова схожість, % | Вживаність, % |
|---------|------------------------------|------------------------------------------------|---------------------|---------------|
| Пам'ять | Без обробки                  | без підживлень (к)                             | 83,32               | 75,79         |
|         |                              | одне підживлення мікродобривом Help Rost (Бор) |                     | 77,63         |
|         |                              | два підживлення мікродобривом Help Rost (Бор)  |                     | 81,52         |
|         | Біоінокулянт-БТУ-р           | без підживлень                                 | 86,65               | 77,04         |
|         |                              | одне підживлення мікродобривом Help Rost (Бор) |                     | 78,18         |
|         |                              | два підживлення мікродобривом Help Rost (Бор)  |                     | 82,05         |
| Триумф  | Без обробки                  | без підживлень мікродобривом Help Rost (Бор)   | 84,56               | 76,54         |
|         |                              | одне підживлення мікродобривом Help Rost (Бор) |                     | 78,21         |
|         |                              | два підживлення мікродобривом Help Rost (Бор)  |                     | 79,65         |
|         | Біоінокулянт-БТУ-р           | без підживлень мікродобривом Help Rost (Бор)   | 87,33               | 79,97         |
|         |                              | одне підживлення мікродобривом Help Rost (Бор) |                     | 81,24         |
|         |                              | два підживлення мікродобривом Help Rost (Бор)  |                     | 84,45         |

нута, оскільки культура характеризується обмеженою здатністю до компенсації зрідених посівів. Фактична кількість рослин перед збиранням урожаю тісно корелює з рівнем урожайності та стабільністю виробництва нуту, а її формування залежить як від сортових особливостей, так і від застосованих елементів технології вирощування. Доведено, що строки сівби у різні роки досліджень мали незначний вплив на появу сходів, тоді як застосування інтенсивних технологічних прийомів забезпечувало стабільне та дружне проростання насіння за різних гідротермічних умов. Передпосівна інокуляція насіння бактеріальним препаратом Біоінокулянт-БТУ-р сприяла підвищенню польової схожості насіння нуту до 86,65–87,33%, що зумовлено активізацією фізіолого-біохімічних процесів у період проростання. Встановлено позитивний вплив комплексного застосування інокуляції та позакоренових підживлень мікродобривом Help Rost (Бор) на збереженість рослин упродовж вегетації. Найвищі показники густоти стояння у фазі формування бобів та перед збиранням урожаю зафіксовано у сорту Тріумф, де кількість рослин перевищувала контроль на 5%, а у сорту Пам'ять – на 4%. Вживаність рослин за оптимального поєднання технологічних прийомів зростала в середньому до 11,43% порівняно з контролем. Отримані результати підтверджують доцільність використання передпосівної інокуляції насіння у поєднанні з позакореновими підживленнями як ефективного елементу технології вирощування нуту, що забезпечує підвищення адаптивності рослин, стабільність густоти стояння та формування більш продуктивних агроценозів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Петриченко В.Ф., Корнійчук О.В. Стратегія розвитку кормовиробництва в Україні. *Корми і кормовиробництво*. 2012. Вип. 73. С. 3–10.
- Didur I., Bakhmat M., Shynchuk O., Pansyryeva H., Telekalo N., Tkachuk O. Substantiation of agroecological factors on soybean agrophytocenoses by analysis of variance of the Right-Bank Forest-Steppe in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10, No 5. P. 177-182. DOI: 10.15421/2020\_206
- Заболотний Г.М., Мазур В.А., Циганська О.І., Дідур І.М., Циганський В.І., Панцирева Г.В. Агробіологічні основи вирощування сої та шляхи максимальної реалізації її продуктивності: монографія. Вінниця: ВНАУ. 2020. 276 с.
- Дідур І.М., Шевчук В.В. Підвищення родючості ґрунту в результаті накопичення біологічного азоту бобовими культурами. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. No 16. С. 48–60.
- Венгліньський М.О., Глущенко М.К., Годинчук Н.В., Хмара Т.І. Роль мікроелементів у живленні рослин та покращенні родючості ґрунтів. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. Сер.: *Сільськогосподарські науки*. 2014. No 1. С. 73–79. doi: 10.32412/2306-5478-(1)2014.026
- Мазур В.А., Дідур І.М., Панцирева Г.В. Обґрунтування адаптивної сортової технології вирощування зернобобових культур в правобережному Лісостепу України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. No 18. С. 5-17.
- Pansyryeva H., Aliksieiev O., Tsyhanska O., Vradii O., Honchar M. Formation of qualitative indicators of chickpea seed production under climatic changes in the right-bank forest-steppe of Ukraine. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science (IJEES)*. 2025. Vol. 15, Issue 2. P. 51-54. <https://doi.org/10.31407/ijeess15.207>
- Дідур І.М., Ткачук О.П., Панцирева Г.В., Волинець Є.О. Наукове обґрунтування шляхів підвищення продуктивності нуту звичайного (*Cicer Arietinum* L.) в умовах правобережного Лісостепу України: монографія. ТОВ «ТВОРИ», 2025. 200 с.
- Мазур В.А., Дідур І.М., Панцирева Г.В., Мордванюк М.О. Енергетична ефективність технологічних прийомів вирощування нуту в умовах зміни клімату. *Сільське господарство та лісівництво*. 2022. № 2 (25). С. 5-13. DOI: 10.37128/2707-5826-2022-2-1
- Панцирева Г.В. Особливості формування урожайності та якості насіннєвої продукції нуту в умовах Правобережного Лісостепу України. *Збалансоване природокористування*. 2024. № 1. С. 90-94. DOI: 10.33730/2310-4678.1.2024.302630
- Панцирева Г.В. Вплив технологічних прийомів вирощування на формування урожайності та якості насіння нуту в умовах правобережного Лісостепу України. *Зернові культури*. 2024. Том 8. № 1. 2024. С. 119-123. DOI: 10.31867/2523-4544/0319

#### REFERENCES:

- Petrychenko V.F., Kornychuk O.V. (2012). Stratehiia rozvytku kormovyrobnytstva v Ukraini. [The strategy of development of feed production in Ukraine]. Vinnytsia. Kormy i kormovyrobnytstvo. Vyp. 73. S. 3–10 [in Ukrainian].
- Didur I., Bakhmat M., Shynchuk O., Pansyryeva H., Telekalo N., Tkachuk O. (2020). [Substantiation of agroecological factors on soybean agrophytocenoses by analysis of variance of the Right-Bank Forest-Steppe in Ukraine]. Ukrainian Journal of Ecology. Vol. 10, No 5. R. 177-182 [in Ukrainian]
- Zabolotnyi H.M., Mazur V.A., Tsyhanska O.I., Didur I.M., Tsyhanskyi V.I., Pansyryeva H.V. (2020). Ahrobiolohichni osnovy vyroshchuvannya soi ta shliakhy maksymalnoi realizatsii yii produktyvnosti [Agrobiological basis of soybean cultivation and ways to maximize its productivity: a monograph]. Vinnytsia, monohrafiia, TOV TVORI, 301 s. [in Ukrainian].
- Didur, I.M., Shevchuk, V.V. (2020). Pidvyshchennia rodiuchosti gruntu v rezultati nakopychennia biolohichnoho azotu bobovymy kulturamy [Increasing soil fertility as a result of the accumulation of biological nitrogen by leguminous crops], Vinnytsia. Agriculture and forestry. No 16. С. 48–60 [in Ukrainian]
- Venglinsky M.O., Glushchenko M.K., Hodynchuk N.V., Khmara T.I. (2014). Rol mikroelementiv v zhyvlenni roslin i polipshenni rodiuchosti gruntu. [The role of trace elements in plant nutrition and improved soil fertility]. Kyiv [in Ukrainian].
- Mazur V.A., Didur I.M., Pansyryeva H.V. (2020). Obgruntuvannya adaptivnoi sortovoi tekhnologii vyroshchuvannya zernobobovykh kultur v pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy. Zbirnyk naukovykh prats VNAU. [Justification of adaptive varietal technology for growing leguminous crops in the right-bank Forest-steppe of Ukraine]. Vinnytsia. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo: zhurnal. No 18. P. 5-17 [in Ukrainian].

**Панцирева Г.В., Гончар М.В. Польова схожість та виживаність рослин нуту залежно від технологічних прийомів вирощування**

Нут звичайний (*Cicer arietinum* L.) є перспективною зернобобовою культурою, здатною забезпечувати стабільну врожайність за умов дефіциту вологи, що особливо актуально в контексті сучасних кліматичних змін та зростання частоти посушливих періодів. Водночас формування продуктивних посівів нуту значною мірою залежить від густоти стояння рослин, польової схожості насіння та рівня виживаності рослин упродовж вегетаційного періоду, які визначаються як сортовими особливостями, так і застосованими технологічними прийомами вирощування. Метою досліджень було оцінити вплив передпосівної інокуляції насіння бактеріальним препаратом Біоінокулянт-БТУ-р у поєднанні з позакореновими підживленнями мікродобривом Help Rost (Бор) на формування густоти стояння, польову схожість і виживаність рослин нуту сортів Триумф та Пам'ять у умовах Правобережного Лісостепу України. Польові дослідження проводили впродовж 2023–2025 рр. за різних гідротермічних умов років. Оцінку стану посівів здійснювали у ключові фази органогенезу за шкалою BBCH. У результаті досліджень встановлено, що строки сівби за різних років практично не впливали на терміни появи сходів, тоді як інтенсивні технологічні прийоми забезпечували стабільне та дружнє проростання насіння. Передпосівна інокуляція насіння сприяла підвищенню польової схожості до 86,65–87,33% та позитивно впливала на початкову густоту посівів. Комплексне застосування інокуляції та дворазових позакоренових підживлень забезпечувало найвищу збереженість рослин упродовж вегетації та підвищення густоти стояння перед збиранням урожаю на 4–5% порівняно з контролем. Виживаність рослин нуту за цих умов зростала в середньому до 11,43%. Отримані результати підтверджують доцільність використання біологічних препаратів на основі бульбочкових бактерій у поєднанні з мікродобривами, що містять бор, як ефективного елементу ресурсозберігаючих технологій вирощування нуту з метою підвищення адаптивності рослин, стабільності агроценозів та ефективності виробництва культури.

**Ключові слова:** нут, передпосівна обробка, позакоренові підживлення, сорт, гідротермічні умови.

**Pantsyрева H.V., Honchar M.V. Field germination and survival of chickpea plants depending on technological methods of cultivation.**

Common chickpea (*Cicer arietinum* L.) is a promising legume crop, capable of providing stable yields under conditions of moisture deficiency, which is especially relevant in the context of modern climate change and the increase in the frequency of dry periods. At the same time, the formation of productive chickpea crops largely depends on the density of plant stands, field germination of seeds and the level of plant survival during the growing season, which are determined by both varietal characteristics and applied technological methods of cultivation. The aim of the research was to assess the effect of pre-sowing seed inoculation with the bacterial preparation Bioinoculant-BTU-r in combination with foliar top dressing with micro-fertilizer Help Rost (Bor) on the formation of stand density, field germination and survival of chickpea plants of the Triumf and Pamyat varieties in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Field studies were conducted during 2023–2025 under different hydrothermal conditions of the years. The assessment of the condition of the crops was carried out in the key phases of organogenesis according to the BBCH scale. As a result of the research, it was found that the sowing dates in different years practically did not affect the timing of emergence, while intensive technological methods ensured stable and friendly seed germination. Pre-sowing seed inoculation contributed to an increase in field germination to 86.65–87.33% and had a positive effect on the initial crop density. The complex application of inoculation and two-time foliar feeding ensured the highest plant survival during the growing season and an increase in the density of the stand before harvesting by 4–5% compared to the control. The survival rate of chickpea plants under these conditions increased on average to 11.43%. The results obtained confirm the feasibility of using biological preparations based on nodule bacteria in combination with microfertilizers containing boron as an effective element of resource-saving technologies for growing chickpeas in order to increase plant adaptability, stability of agroecosystems and efficiency of crop production.

**Key words:** chickpea, pre-sowing treatment, foliar feeding, variety, hydrothermal conditions.

Дата першого надходження статті до видання: 01.04.2026  
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026  
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## ВПЛИВ НАСІННЄВОЇ ІНФЕКЦІЇ НА ЯКІСТЬ НАСІННЯ СОРТІВ СОЇ ЗА РІЗНИХ ГІДРОТЕРМІЧНИХ УМОВ

ПИЛИПЕНКО С.В. – аспірант  
[orsid.org/0009-0001-4455-545X](https://orcid.org/0009-0001-4455-545X)

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Постановка проблеми.** Соя є однією з головних стратегічних культур у багатьох країнах світу. За останні 50 років її посіви у світі збільшилися з 23,8 до 102,4 млн га, урожайність – з 16,8 до 25,5 ц/га, а виробництво – з 26,9 до 263 млн т. Соя вирощують у 91 країні світу. За обсягами виробництва вона посідає четверте місце у світі після кукурудзи, пшениці і рису [16].

Соя відіграє вирішальну роль у зерновому, харчовому й кормовому балансах. За хімічним складом насіння сої є унікальним. У ньому міститься 38-42% білка, 18-23% жиру, 25-30% вуглеводів, основні вітаміни, 5% зольних елементів, а також специфічні біологічно активні компоненти (фосфатиди, ізофлавіони, сапоніни, фітати, олігосахариди), які використовуються з лікувальною метою. Вона є основою в забезпеченні білком і олією продуктів харчування та забезпечує близько 20 % світових білкових ресурсів [19].

Зелена маса сої використовується для виготовлення силосу, сіна, сінажу, трав'яної муки, гранул, соєва соломка переробляється у кормове борошно, гранули та силосується у суміші з зеленими кормами. Соя – гарний попередник зернових та інших небобових культур [19].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** До світових лідерів у виробництві сої нині належать Бразилія, США та Аргентина, які займають провідні позиції як за посівними площами, так і за валовим виробництвом. Станом на 2024 р. соя у світі вирощувалася на площі близько 146,7 млн га, що на 22 % більше порівняно з 2015 р. Найбільші площі зосереджені в Бразилії (33,9 % світових посівів), США (24,9 %) та Аргентині (12,8%), які разом формують понад 70% глобальних посівних площ. Світове виробництво сої досягло 420,8 млн т (+33,1 % до 2015 р.), при цьому частка Бразилії становить 39,8 %, США – 28,9 %, Аргентини – 12,9 % (разом 81,6%). Середня врожайність у світі становить 2,87 т/га, з найвищими показниками у Бразилії (3,4 т/га), США (3,09 т/га) та Аргентині (2,90 т/га) [10, 16].

У Європейському Союзі посівні площі під соєю у 2024 р. становили 1,115 млн га (+26,6 % до 2015 р.), а валове виробництво – близько 3,0 млн т (+27,8 %). Основними виробниками є Італія, Франція та Румунія, на які припадає близько 57 % площ і понад 59 % виробництва сої в ЄС. Середня врожайність у ЄС становить 2,68 т/га. Водночас негативний вплив кліматичних змін, зокрема високих температур і посух, особливо проявився у 2022 р., що призвело до зниження

врожайності в країнах Центральної та Східної Європи й Середземноморського регіону [10].

Загалом, упродовж останніх десятиліть відбулося суттєве зміщення центрів виробництва сої з Азії до Американського континенту, де сформувався глобальний аграрний пояс її вирощування. Очікується, що як у світі, так і в ЄС площі, виробництво та врожайність сої продовжать зростати завдяки її важливій ролі як джерела рослинного білка, сировини для біопалива, а також культури, що сприяє фіксації азоту, підвищенню родючості ґрунтів і екологічній стабільності агроєкосистем. Водночас для зменшення негативного впливу кліматичних змін необхідним є впровадження адаптивних технологій вирощування, зокрема використання посухостійких сортів, оптимізація строків сівби, зрошення та інтегрованого захисту рослин [3].

Важливим елементом адаптації агровиробництва до змін клімату є добір сортів із високою продуктивністю та стабільністю господарсько-цінних ознак. За результатами досліджень І. Havryliuk і Н. Kovalyshyna [1], встановлено, що показники структури врожаю та якості зерна значною мірою визначаються взаємодією генотипу та умов вирощування. Виявлено сорти з високою стабільністю та адаптивністю (гомеостатичністю), які зберігали високі показники в різні за погодними умовами роки. Отримані результати свідчать про доцільність використання адаптивних генотипів у селекції та виробництві, що є актуальним і для культури сої в умовах кліматичних змін.

Скоростиглі та середньостиглі сорти культури вимагають суми активних температур (понад 10 °С) 2400–3000 °С. О.В. Дрозда зазначає, що через зміну клімату площа, придатна для вирощування сої, в межах України змінилася, спостерігаючи зменшення площі в степовій зоні та збільшення площі в лісостеповій та поліській зонах, включаючи території, де раніше сою не вирощували [10]. Зона гарантованого вирощування сої включає значні площі зрошуваних земель півдня України. Найсприятливіші для культури природно-кліматичні умови, які забезпечують одержання сталих урожаїв зерна на рівні 1,8 т/га і більше, у Чернівецькій, Черкаській, Вінницькій, Київській, Закарпатській, Полтавській, Хмельницькій, Тернопільській, Сумській, Чернігівській, північній частині Кіровоградської областей. Умови таких областей як Харківська та Дніпропетровська забезпечують отримання середніх



урожаїв зерна – 1,2–1,6 т/га. Малосприятливі для вирощування сої природно-кліматичні умови, де високий рівень врожайності можна забезпечити лише за умов зрошення властиві таким регіонам, як південна частина Одеської, Херсонської, Миколаївської та Запорізької областей [6,8,19].

Встановлено, що в Україні зернобобові культури уражуються багатьма хворобами різної етіології, що призводить до втрат врожаю до 15-20 %, а за сприятливих для їх розвитку умов – до 50 % [14].

Подібні закономірності підтверджуються й дослідженнями інших культур. Зокрема, за даними Л. Голик та ін. [9], в умовах зміни клімату спалахи хвороб суттєво впливають на врожайність сільськогосподарських культур. Встановлено, що рівень ураження рослин значною мірою залежить від погодних умов року. Водночас у сприятливі роки рівень ураження зменшувався, однак зростала роль шкідників як переносників вірусних інфекцій. Це свідчить про тісний зв'язок між кліматичними змінами, фітосанітарним станом агроценозів і формуванням урожаю, що є актуальним і для посівів сої.

Рослини сої одночасно можуть уражатися декількома збудниками хвороб, що призводить до зниження врожаю насіння на 15-30 %, вмісту білка – на 4-5 %, жирів – 3-7 % [4,15].

Ураженість рослин патогенами і подальший їх розвиток залежить від гідротермічних умов, особливо у період їх інтенсивного розвитку, формування бобів і наливу насіння. За даними Г.Д. Поспелової серед хвороб на насінні сої найбільш поширеними виявились збудники альтернаріозу (*Alternaria alternata* (Fr.) Keisl., *A.solani* (Ell.et Mart), фузаріозу (*Fusarium oxysporum* Schecht), септоріозу (*Septoria glycines* Hemmi) та бактеріозів (бактерії роду *Pseudomonas*) [18].

За результатами досліджень, проведених М. Піковським [2,17] із співавторами встановлено, що видовий склад мікобіоти насіння сої є різноманітним і представлений 17 видами: *Peronospora manshurica* (Naum.) Syd. (збудник пероноспорозу), *Sclerotinia sclerotiorum* de Bary (зб. білої гнилі), *Botryotinia fuckeliana* Whetzel. (зб. сірої гнилі), *Diaporthe* sp. (зб. фомопсису); збудниками фузаріозу – *Fusarium oxysporum* (Schl.), Snyd. et Hans., *Fusarium graminearum* Schwabe, *Fusarium gibbosum* App. et Wr., *Fusarium solani* (Mart.) Sacc.; *Alternaria alternata* (Fries:Fries) Keissler (зб. альтернаріозу), *Cladosporium cladosporioides* (Fresen.) G.A. de Vries (зб. кладоспориозу), *Colletotrichum* sp. (зб. антракнозу); збудниками різних плісняв – *Aspergillus niger* van Tiegh., *Aspergillus flavus* Link, *Trichothecium roseum* Link ex Friet Fries, *Mucor mucedo* Fres. emend. Bref., *Penicillium expansum* Link і *Rhizopus nigricans* Ehrenb. домінуюче становище мали види *C. cladosporioides* та *A. alternata*. Частота їх трапляння знаходилась в діапазоні 28,5–47,8 %.

В умовах України раніше були проведені дослідження, що також підтверджують інфікування насіння сої різними мікроорганізмами, які призводять до погіршення його якості.

**Мета роботи** – оцінити вплив збудників хвороб на формування показників якості насіння сої різних сортів залежно від гідротермічних умов року.

**Матеріали і методики досліджень.** Дослідження проводили у Відокремленому підрозділі «Агрономічна дослідна станція» Національного університету біоресурсів і природокористування України. Територія дослідної станції знаходиться с. Пшеничне Білоцерківського району Київської області в межах Правобережного Лісостепу України у зоні достатнього зволоження з помірно континентальним кліматом. Такі умови сприятливі для вирощування широкого спектра сільськогосподарських культур. Для досліджень використовували наступні сорти: Сіверка, Арніка, Муза селекції Національного наукового центру «Інститут землеробства» НААН України, Адамос та Александрит селекції Білявської Людмили Григорівни, Антрацит селекції Полтавської державної аграрної академії, ЕС Ментор та ЕС Візітор селекції Євраліс Семанс.

Фітопатологічний аналіз насіння сої проводили у проблемній науково-дослідній лабораторії кафедри фітопатології Національного університету біоресурсів і природокористування України згідно методик ISTA та ДСТУ 4138-2002 [5,12].

Частоту трапляння [7] виду мікроміцетів розраховували за формулою:

$$Чm = \frac{n \times 100}{N},$$

де  $Чm$  – частота трапляння, %;

$n$  – кількість насінин, у яких виявлено даний вид, шт.

$N$  – загальна кількість досліджених насінин, шт.

Показники якості сої визначали за загальноприйнятою методикою з використанням експрес-аналізатора цільного зерна FOSS «Infratec 1241 Grain Analyzer» (Данія) [13].

**Результати досліджень та їх обговорення.**

Температурний режим є одним із найважливіших факторів для вирощування сої, яка є теплолюбною культурою та чутливою до температурних коливань на різних етапах органогенезу. За даними спостережень, у 2024 р. відмітили підвищення середньомісячного показника температури до 18,52 °C (+2,94 °C до середньо багаторічного показника – 15,58 °C). У 2024 р. температура повітря упродовж місяців вегетаційного періоду була вищою від середніх багаторічних даних. Такі умови сприяли прискоренню темпів проходження фенологічних фаз розвитку сої, зокрема проростання, бутонізації та цвітіння, скорочуючи тривалість періоду наливу зерна (табл. 1).

У 2025 р. показники температури повітря упродовж вегетації рослин сої були значно нижчими від показників 2024 р і не перевищували середньо багаторічних показників, за виключенням вересня і жовтня місяців, коли температура повітря знаходилась на позначках 16,7°C і 9,4 °C, а середньо багаторічний показник становив 14,4°C і 8,5°C, відповідно (табл. 1).

Забезпечення вологою є важливим фактором для формування урожайності сої, так як періоди бутонізації, цвітіння та наливу зерна сої є критичними по відношенню до вологості.

Середня багаторічна кількість опадів за вегетаційний період становила 310,8 мм. За обидва вегетаційні роки

Таблиця 1

## Середньомісячна температура 2024–2025 рр., °C

| Рік                                 | Місяці |      |      |      |      |      |      | Середнє по місяцях, °C |
|-------------------------------------|--------|------|------|------|------|------|------|------------------------|
|                                     | IV     | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    |                        |
| 2024 р.                             | 12,9   | 16,3 | 21,6 | 24,3 | 23,2 | 20,5 | 10,8 | 18,52                  |
| 2025 р.                             | 9,4    | 11,9 | 18,2 | 20,7 | 20,2 | 16,7 | 9,4  | 15,20                  |
| Середня багаторічна температура, °C | 9,8    | 15,6 | 19,4 | 21,2 | 20,2 | 14,4 | 8,5  | 15,58                  |

Таблиця 2

## Кількість атмосферних опадів за 2024–2025 рр., мм

| Рік                                      | Місяці |       |       |       |      |      |      | Сума опадів за вегетаційний період, мм |
|------------------------------------------|--------|-------|-------|-------|------|------|------|----------------------------------------|
|                                          | IV     | V     | VI    | VII   | VIII | IX   | X    |                                        |
| 2024 р.                                  | 89,2   | 10,6  | 129,7 | 37,8  | 14,5 | 19,6 | 65,9 | 367,3                                  |
| 2025 р.                                  | 30,4   | 134,3 | 35,2  | 231,6 | 26,6 | 20,4 | 65,0 | 543,5                                  |
| Середня багаторічна кількість опадів, мм | 31,8   | 47,1  | 54,2  | 46,9  | 44,2 | 49,8 | 36,8 | 310,8                                  |

Таблиця 3

## Видовий склад і частота трапляння грибів насіннєвої мікобіоти та лабораторна схожість насіння різних сортів сої (2024 р.)

| Сорт        | Лабораторна схожість насіння, % | Частота трапляння грибів, % |                     |                           |
|-------------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------------|
|             |                                 | <i>Alternaria alternata</i> | <i>Mucor mucedo</i> | <i>Gliocladium roseum</i> |
| Сіверка     | 95,0                            | 94,0                        | -                   | 4,5                       |
| Арніка      | 99,0                            | 78,5                        | -                   | 1,0                       |
| Муза        | 97,0                            | 80,5                        | -                   | 1,0                       |
| Адамос      | 91,0                            | 98,0                        | 5,4                 | 1,5                       |
| Александрит | 73,0                            | 40,5                        | 7,9                 | 7,5                       |
| Антрацит    | 95,0                            | 94,5                        | -                   | 3,8                       |
| ЕС Ментор   | 92,0                            | 95,0                        | 1,0                 | 2,5                       |
| ЕС Візітор  | 70,0                            | 98,0                        | 1,5                 | 6,5                       |

даний показник перевищував середньо багаторічний показник. Меншу кількість опадів відмічено у 2024 р. – 367,3 мм, тоді як у 2025 р. сума опадів за вегетаційний період становила 543,5 мм, що значно перевищувала середньо багаторічний показник (табл. 2).

Водночас розподіл опадів у 2024 р. був нерівномірним: у червні відмітили значне перевищення середніх багаторічних показників (129,7 мм), тоді як у липні відмітили дефіцит води (37,8 мм). Такий режим зволоження створював складні умови водоспоживання для сої у фазу цвітіння, що є критичним періодом для забезпечення високої врожайності. У серпні і вересні кількість опадів була меншою від середньо багаторічних показників, проте у жовтні їх кількість перевищувала середньо багаторічний показник майже вдвічі – 65,9 мм проти 36,8 мм (табл. 2).

У 2025 р. упродовж вегетації рослин сої розподіл опадів також був нерівномірним. У травні кількість опадів становила 134,3 мм, тоді як середньо багаторічний показник знаходився на рівні 47,1 мм, а у липні кількість опадів значно перевищувала середньо – багаторічний показник – 231,6 мм і 46,9 мм, відповідно. Також

перевищення даного показника відмічено і у жовтні місяці – 65,0 мм і 36,8 мм, відповідно (табл. 2), що негативно впливало на якість насіння через ризик вторинного зволоження та погіршення його технологічних властивостей.

Формування показників якості насіння сої забезпечує одержання високих і стабільних врожаїв. Проте, через насіннєвий матеріал можуть розповсюджуватися збудники хвороб, які призводять як до зниження продуктивності, так і показників якості. У результаті проведених досліджень виявлено ураженість насіння сої різними мікроміцетами, видовий склад яких різнився за роками.

У 2024 р. у результаті проведених досліджень виявлено уражуваність насіння сої наступними мікроміцетами: *Alternaria alternata*, *Mucor mucedo*, *Gliocladium roseum*. *Alternaria alternata* виділено з усіх зразків насіння сої, частота трапляння знаходилась в межах 40,5 % – 98,0 %, залежно від сорту. Даний збудник захворювання розвивався тільки на поверхні насіння та не призводив до погіршення схожості. *Mucor mucedo* і *Gliocladium roseum* – викликали пліснявіння насіння. *Mucor mucedo* виявлено не на всіх сортах, а лише на



Адамос (5,4 %), Александрит (7,9 %), ЕС Ментор (1,0 %) і ЕС Візитор (1,5 %). *Gliocladium roseum* виявлено на всіх зразках насіння. Найвищий показник трапляння даного збудника відмічено на сортах Александрит (7,5 %) і ЕС Візитор (6,5 %), а найнижчий – 1,0 % – на сортах Арніка і Муза (табл. 3).

Відмічено зниження лабораторної схожості на насінневу матеріалі сортів Александрит (73,0%) і ЕС Візитор (70,0 %), на яких відмічено найвищий відсоток трапляння гриба *Gliocladium roseum* – 7,5% та 6,5 %, відповідно (табл. 3).

У 2025 р. із разків насіння сої виділено наступні мікроміцети: *Cladosporium cladosporioides*, *Alternaria alternata*, *Penicillium expansum*, *Fusarium graminearum*, *Rhizopus nigricans*. З усіх зразків насіння виділено гриб *Cladosporium cladosporioides* частота трапляння якого була досить високою і варіювала в межах 80,0 % (сорт Адамос) – 100 % (сортів Сіверка, Арніка, Александрит, Антрацит, ЕС Ментор, ЕС Візитор). *Alternaria alternata* виділено з насіння сорту Антрацит, частота трапляння становила 4,4 %. *Penicillium expansum* виділено із насінневого матеріалу сортів Адамос, Александрит, Антрацит, ЕС Ментор і ЕС Візитор, частота трапляння варіювала від 4,0 % (сорт ЕС ментор) до 14,0 % (сорт Александрит, ЕС Візитор). *Fusarium graminearum* виявлено на насінневу матеріалі усіх досліджуваних

сортів. Найнижчий відсоток трапляння хвороби (4,2 %) відмічено на сорті Антрацит, а найвищий – 12,0 % – на сортах Муза і ЕС Візитор. Частота трапляння мікроміцета *Rhizopus nigricans* варіювала в межах 4,0 % (сорт Адамос, ЕС Ментор) – 8,3 % (сортів Арніка, Антрацит) (табл. 4).

Показники маси 1000 насінин сортів сої у 2024 р. знаходились в межах 122,0 г (сорт Арніка) – 193,0 г (сорт Муза) за середнього значення по сортах 161,6 г. У 2025 р. маса 1000 насінин зроста, середнє значення по сортах становило 169,5 г, що перевищувало даний показник у 2024 р. на 7,9 г. Найвище значення даного показника відмічено у сорту Антрацит – 194,0 г, а найменше – 110,1 г – у сорту Муза (табл. 5).

Вміст білка у зерні сортів сої у 2024 р. варіював в межах 25,9 % (сорт Александрит) – 37,5 % (сорт ЕС Ментор). У 2025 р. вміст білка перевищував даний показник у 2024 р. Найвищий показник відмічено для сорту ЕС Ментор (41,6%), а найнижчий – 36,5 % – для сорту Адамос. Вміст білка у сортах сої у 2025 р. (середнє значення по сортах становило 39,0 %) суттєво перевищував даний показник у 2024 р. (середнє значення по сортах – 31,4 %) (табл. 5).

За вмістом жиру у зерні сої вищі показники були відмічені у 2024 р. Середнє значення по сортах становило 23,3 %, проти 22,0 % у 2025 р. Найвищими показниками

Таблиця 4

**Видовий склад і частота трапляння грибів насінневої мікобіоти та лабораторна схожість насіння різних сортів сої (2025 р.)**

| Сорт        | Лабораторна схожість насіння, % | Частота трапляння грибів, %         |                             |                             |                             |                           |
|-------------|---------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
|             |                                 | <i>Cladosporium cladosporioides</i> | <i>Alternaria alternata</i> | <i>Penicillium expansum</i> | <i>Fusarium graminearum</i> | <i>Rhizopus nigricans</i> |
| Сіверка     | 100                             | 100                                 | -                           | -                           | 10,0                        | -                         |
| Арніка      | 100                             | 100                                 | -                           | -                           | 8,0                         | 8,3                       |
| Муза        | 100                             | 97,0                                | -                           | -                           | 12,0                        | -                         |
| Адамос      | 100                             | 80,0                                | -                           | 10,0                        | 8,0                         | 4,0                       |
| Александрит | 100                             | 100                                 | -                           | 14,0                        | 8,0                         | 7,5                       |
| Антрацит    | 100                             | 100                                 | 4,4                         | 8,0                         | 4,2                         | 8,3                       |
| ЕС Ментор   | 100                             | 100                                 | -                           | 4,0                         | 6,0                         | 4,0                       |
| ЕС Візитор  | 100                             | 100                                 | -                           | 14,0                        | 12,0                        | -                         |

Таблиця 5

**Показники якості зерна сортів сої за 2024–2025 рр.**

| №         | Сорт        | Маса 1000 насінин, г |         | Білок (вміст у сухій речовині), % |         | Жир (вміст у сухій речовині), % |         |
|-----------|-------------|----------------------|---------|-----------------------------------|---------|---------------------------------|---------|
|           |             | 2024 р.              | 2025 р. | 2024 р.                           | 2025 р. | 2024 р.                         | 2025 р. |
| 1         | Сіверка     | 161,0                | 187,9   | 30,1                              | 40,0    | 23,8                            | 21,5    |
| 2         | Арніка      | 122,0                | 186,4   | 30,3                              | 39,7    | 23,3                            | 21,8    |
| 3         | Муза        | 193,0*               | 110,1   | 34,5                              | 38,9    | 23,0                            | 22,5    |
| 4         | Адамос      | 167,5                | 192,6   | 31,9                              | 36,5    | 22,5                            | 22,1    |
| 5         | Александрит | 157,5                | 184,3   | 25,9                              | 37,3    | 22,6                            | 20,5    |
| 6         | Антрацит    | 185,5*               | 194,0*  | 34,7                              | 38,0    | 23,6                            | 23,4*   |
| 7         | ЕС Ментор   | 175,0                | 149,2   | 37,5*                             | 41,6*   | 22,9                            | 22,2    |
| 8         | ЕС Візитор  | 132,5                | 151,1   | 26,5                              | 39,7    | 24,8*                           | 21,8    |
| $\bar{x}$ |             | 161,6                | 169,5   | 31,4                              | 39,0    | 23,3                            | 22,0    |

\* – значення у стовпцях, що істотно вищі від середнього за 5 %-го рівня значущості

Таблиця 6

Коефіцієнти парної кореляції між показниками якості насіння сої та розвитком насіннєвої мікобіоти (r), 2024 р.

|                                   | Маса 1000 насінин, г | Білок (вміст у сухій речовині), % | Жир (вміст у сухій речовині), % | <i>Alternaria alternata</i> | <i>Mucor mucedo</i> | <i>Gliocladium roseum</i> |
|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------|---------------------------|
| Маса 1000 насінин, г              | 1,00                 |                                   |                                 |                             |                     |                           |
| Білок (вміст у сухій речовині), % | 0,68                 | 1,00                              |                                 |                             |                     |                           |
| Жир (вміст у сухій речовині), %   | -0,41                | -0,32                             | 1,00                            |                             |                     |                           |
| <i>Alternaria alternata</i>       | 0,11                 | 0,47                              | 0,44                            | 1,00                        |                     |                           |
| <i>Mucor mucedo</i>               | -0,06                | -0,50                             | -0,52                           | -0,61                       | 1,00                |                           |
| <i>Gliocladium roseum</i>         | -0,24                | -0,69                             | 0,38                            | -0,40                       | 0,45                | 1,00                      |

Таблиця 7

Коефіцієнти парної кореляції між показниками якості насіння сої та розвитком насіннєвої мікобіоти (r), 2025 р.

|                                     | Маса 1000 насінин, г | Білок (вміст у сухій речовині), % | Жир (вміст у сухій речовині), % | <i>Cladosporium cladosporioides</i> | <i>Alternaria alternata</i> | <i>Penicillium expansum</i> | <i>Fusarium graminearum</i> | <i>Rhizopus nigricans</i> |
|-------------------------------------|----------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Маса 1000 насінин, г                | 1,00                 |                                   |                                 |                                     |                             |                             |                             |                           |
| Білок (вміст у сухій речовині), %   | -0,40                | 1,00                              |                                 |                                     |                             |                             |                             |                           |
| Жир (вміст у сухій речовині), %     | -0,16                | 0,06                              | 1,00                            |                                     |                             |                             |                             |                           |
| <i>Cladosporium cladosporioides</i> | -0,19                | 0,61                              | -0,10                           | 1,00                                |                             |                             |                             |                           |
| <i>Alternaria alternata</i>         | 0,33                 | -0,24                             | 0,69                            | 0,17                                | 1,00                        |                             |                             |                           |
| <i>Penicillium expansum</i>         | 0,23                 | -0,50                             | -0,27                           | -0,19                               | 0,12                        | 1,00                        |                             |                           |
| <i>Fusarium graminearum</i>         | -0,57                | 0,10                              | -0,34                           | 0,00                                | -0,64                       | -0,07                       | 1,00                        |                           |
| <i>Rhizopus nigricans</i>           | 0,60                 | -0,32                             | 0,03                            | 0,07                                | 0,46                        | 0,17                        | -0,79                       | 1,00                      |

характеризувався сорт ЕС Візитор –24,8%. У 2025 р. найбільше значення даного показника – 23,3 % відмічено для сорту Антрацит (табл. 5).

За результатами кореляційного аналізу даних за 2024 р. встановлено помірний позитивний зв'язок між масою 1000 насінин і вмістом білка ( $r = 0,68$ ), що вказує на тенденцію до збільшення білковості насіння зі зростанням його маси (табл. 6). Водночас між масою 1000 насінин і вмістом жиру виявлено помірний обернений зв'язок ( $r = -0,41$ ), що свідчить про певну конкурентність між накопиченням білка та ліпідів у насінні. Зв'язок маси насіння з розвитком *Alternaria alternata* є слабким позитивним ( $r = 0,11$ ), тоді як з *Mucor mucedo* – практично відсутній ( $r = -0,06$ ), а з *Gliocladium roseum* – слабкий негативний ( $r = -0,24$ ).

Вміст білка характеризується помірним позитивним зв'язком із *Alternaria alternata* ( $r = 0,47$ ) та помірним негативним – із *Mucor mucedo* ( $r = -0,50$ ), а також сильним оберненим зв'язком із *Gliocladium roseum* ( $r = -0,69$ ). Це свідчить про різну реакцію мікобіоти на білковий склад насіння та потенційні конкурентні або антагоністичні взаємодії.

Вміст жиру демонструє помірні кореляційні зв'язки: позитивний з *Alternaria alternata* ( $r = 0,44$ ) і *Gliocladium roseum* ( $r = 0,38$ ) та негативний з *Mucor mucedo* ( $r = -0,52$ ). Це вказує на неоднозначний вплив ліпідного складу насіння на розвиток окремих грибних асоціацій.

Між показниками розвитку мікобіоти виявлено переважно помірні та сильні зв'язки. Зокрема, *Alternaria alternata* має сильний негативний зв'язок із *Mucor mucedo* ( $r = -0,61$ ) та помірний негативний – із *Gliocladium roseum* ( $r = -0,40$ ). Водночас між *Mucor mucedo* та *Gliocladium roseum* встановлено помірний позитивний зв'язок ( $r = 0,45$ ), що свідчить про їхню екологічну сумісність або подібні умови розвитку (табл. 6).

За даними 2025 р. становлено помірний обернений зв'язок між масою 1000 насінин і вмістом білка ( $r = -0,40$ ), що може свідчити про певну тенденцію до зниження білковості за збільшення маси насіння в умовах 2025 р. (табл. 7). Зв'язок маси 1000 насінин із вмістом жиру є слабким негативним ( $r = -0,16$ ), що вказує на незначну залежність між цими показниками.

Серед мікобіоти найбільш виражений позитивний зв'язок із вмістом білка відзначено для *Cladosporium cladosporioides* ( $r = 0,61$ ), тоді як для *Penicillium expansum* спостерігається помірний негативний зв'язок ( $r = -0,50$ ), що може свідчити про різну трофічну спрямованість цих грибів щодо білкових сполук насіння. Вміст жиру найбільш тісно позитивно асоціюється з розвитком *Alternaria alternata* ( $r = 0,69$ ), тоді як для *Fusarium graminearum* встановлено помірний обернений зв'язок ( $r = -0,34$ ), що може вказувати на чутливість цього виду до ліпідного складу насіння (табл. 7).

Щодо взаємозв'язків між грибними таксонами, виявлено сильний обернений зв'язок між *Fusarium graminearum* і *Rhizopus* ( $r = -0,79$ ), що свідчить про виражену антагоністичну взаємодію. Також сильний негативний зв'язок встановлено між *Alternaria alternata* та *Fusarium graminearum* ( $r = -0,64$ ), тоді як між *Alternaria alternata* і *Rhizopus* спостерігається помірний позитивний зв'язок ( $r = 0,46$ ) (табл. 7).

Загалом результати кореляційного аналізу за 2025 р. підтверджують, що формування якісних показників насіння сої відбувається під впливом складних багатофакторних взаємодій між біохімічним складом насіння та структурою його мікобіоти, яка характеризується як синергічними, так і антагоністичними зв'язками.

**Висновки.** У результаті проведених досліджень встановлено, що видовий склад насінневої мікобіоти сої залежить від гідротермічних умов року. У 2024 р. домінували *Alternaria alternata*, *Mucor mucedo* та *Gliocladium roseum*, тоді як у 2025 р. мікобіота характеризувалася більшим різноманіттям і була представлена *Cladosporium cladosporioides*, *Alternaria alternata*, *Penicillium expansum*, *Fusarium graminearum* та *Rhizopus nigricans*. При цьому у 2025 р. відмічено стабільно високу лабораторну схожість насіння (100 %) за наявності значної частоти ураження окремими мікроміцетами.

Встановлено, що гідротермічні умови 2025 р., які характеризувалися нижчим температурним режимом та надмірним зволоженням, сприяли підвищенню маси 1000 насінин і вмісту білка (у середньому до 39,0 % проти 31,4 % у 2024 р.), водночас зумовлюючи певне зниження вмісту жиру. Це підтверджує вагомий вплив погодних факторів на формування якісних показників насіння сої.

Кореляційний аналіз показав, що у 2024 р. між масою 1000 насінин і вмістом білка існував помірний позитивний зв'язок ( $r = 0,68$ ), тоді як у 2025 р. цей зв'язок набув оберненого характеру ( $r = -0,40$ ), що вказує на мінливість взаємозв'язків залежно від умов року. Вміст жиру в обидва роки проявляв переважно обернені або слабкі зв'язки з іншими показниками якості.

Виявлено, що розвиток окремих представників мікобіоти по-різному пов'язаний із формуванням якісних показників насіння. Зокрема, у 2025 р. встановлено помірний позитивний зв'язок між вмістом білка і *Cladosporium cladosporioides* ( $r = 0,61$ ), а також тісний позитивний зв'язок між вмістом жиру і *Alternaria alternata* ( $r = 0,69$ ). Водночас для *Fusarium graminearum* характерний обернений зв'язок із вмістом жиру ( $r = -0,34$ ) та сильні антагоністичні взаємодії з іншими грибами, зокрема з *Rhizopus nigricans* ( $r = -0,79$ ).

Загалом встановлено, що насіннева інфекція є важливим фактором, який у поєднанні з погодними умовами впливає на формування показників якості насіння сої та структуру його мікобіоти. Взаємодія між біохімічним складом насіння і розвитком мікроміцетів має складний характер і проявляється у вигляді як синергічних, так і антагоністичних зв'язків.

Перспективи подальших досліджень полягають у поглибленому вивченні механізмів взаємодії між насінневою мікобіотою та біохімічними показниками насіння, а також у розробленні ефективних заходів управління

фітосанітарним станом насінневого матеріалу з урахуванням змін клімату та сортових особливостей сої.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Havryliuk, I., & Kovalyshyna, H. Characteristics of soft winter wheat varieties by crop structure and grain quality indicators. *Ukrainian Black Sea region agrarian science*, 2024, 28(4), 68-84. <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/4.2024.68>
2. Pikovskyi M., Solomiichuk M. Identification of mycobiota and diagnosis of soybean seed disease. *Plant and Soil Science*. 2022. Vol. 13(1). P. 44–50. DOI: 10.31548/agr.13(1).2022.44-50.
3. Popescu A., Dinu T. A., Stoian E., Șerban V., Hontus A., Angelescu C., Stanciu M. Soybean in the European Union – an upward trend for cultivation and production. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. 2025. Vol. 25(2). P. 633–646 URL: [https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.25\\_2/Art63.pdf](https://managementjournal.usamv.ro/pdf/vol.25_2/Art63.pdf)
4. Pospyelova H. D. Species composition of plant pathogenic flora of soybean seeds. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*. 2015. № 1–2. P. 44–48. DOI: 10.31210/visnyk2015.1-2.08.
5. STA. International Rules for Seed Testing. *Seed Science and Technology*. 1996. Vol. 24 (Suppl.). Zurich, Switzerland.
6. Бабич А. О., Бабич–Побережна А. А. Селекція і виробництво сої в Україні. Вінниця, 2008. 215 с.
7. Безноско І. В., Парфенюк А. І., Шерстобоева О. В., Гаврилюк Л. В. Я., Терновий Ю. В., Горган Т. М. Видовий склад фітопатогенних мікроміцетів насіння сортів культурних рослин. *Агроєкологічний журнал*. 2020. № 2. С. 84–90. DOI: 10.33730/2077-4893.2.2020.207685.
8. Білявська Л. Г., Гарбузов Ю. Є. Характеристика новостворених ліній сої культурної без опушення. *Генетичні ресурси рослин*. 2026. Вип. 35. С. 8–20 DOI: 10.36814/pgr.2024.35.01.
9. Голик Л., Поліщук С., Райчук Т., Штакал М., Левченко О., Кузьменко Л. та ін. Урожайність сортів пшениці озимої та контроль спалахів хвороб на рослинах за умов зміни клімату. *Вісник аграрної науки*. 2023. Т. 101, № 7. С. 14–22. DOI: 10.31073/agrovisnyk202307-02
10. Голодна А. В., Грицюк Я. В. Культура соя та її значення у сучасному світовому і вітчизняному агропромисловому виробництві. *Збалансоване природокористування*. 2024. № 2. С. 100–109. DOI: 10.33730/2310-4678.2.2024.309929
11. Дрозда О. В. Сорт як важливий фактор технології вирощування сої. *Зрошуване землеробство*. 2024. Вип. 81. С. 19–23. DOI: 10.32848/0135-2369.2024.81.3.
12. ДСТУ 4138:2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Чинний від 2003-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.
13. Киенко З. Б., Присяжнюк Л. М., Шовгун О. О. та ін. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. 3-тє вид. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2017. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7e67fb8d4b9.pdf>
14. Марков І. Прогноз розвитку хвороб невід'ємна складова інтегрованого захисту рослин. *Агробізнес сьогодні*. 2013. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/>

- item/365-prognoz-rozvitku-khvorob-nevid-emna-skladova-integrovanogo-zakhistu-roslyn.html
15. Мельничук Ф.С., Марченко О.А., Ретьман М.С. Цитотоксична дія фунгіцидних протруйників на проростки сої. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2015. № 5. URL: <http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd.2015.5.23>.
  16. Мізерник Д. В. Сучасний стан та перспективи вирощування сої в світі і Україні. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2024. Вип. 76(1). С. 36–47. DOI: 10.32636/01308521.2024-(760-1-4).
  17. Піковський М. Й., Кирик М. М. Симптоматика білої гнилі сої. Карантин і захист рослин. 2012. № 7. С. 2–5.
  18. Поспелова Г. Д., Коваленко Н. П., Нечипоренко Н. І., Кочерга В. Я. Вплив агрокліматичних факторів на розвиток основних хвороб сортів сої. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 3. С. 44–52. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-3(107)-6.
  19. Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) : монографія / В. В. Кириченко, С. С. Рябуха, Л. Н. Кобизева, О. О. Посилаєва, П. В. Чернишенко; за ред. В. В. Кириченка. Харків, 2016. 400 с. URL: <https://yuriev.com.ua/assets/files/knigi/soya-monografiya-7.pdf>
- REFERENCES:**
1. Havryliuk, I., & Kovalyshyna, H. (2024). Characteristics of soft winter wheat varieties by crop structure and grain quality indicators. *Ukrainian Black Sea region agrarian science*, 28(4), 68–84. <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/4.2024.68>
  2. Pikovskyi, M., & Solomiichuk, M. (2022). Identification of microbiota and diagnosis of soybean seed disease. *Plant and Soil Science*, 13(1), 44–50. [https://doi.org/10.31548/agr.13\(1\).2022.44-50](https://doi.org/10.31548/agr.13(1).2022.44-50)
  3. Popescu, A., Dinu, T. A., Stoian, E., Șerban, V., Hontus, A., Angelescu, C., & Stanciu, M. (2025). Soybean in the European Union – an upward trend for cultivation and production. *Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*, 25(2), 633–646. [https://management-journal.usamv.ro/pdf/vol.25\\_2/Art63.pdf](https://management-journal.usamv.ro/pdf/vol.25_2/Art63.pdf)
  4. Pospelova, H. D. (2015). Species composition of plant pathogenic flora of soybean seeds. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1–2, 44–48. <https://doi.org/10.31210/visnyk2015.1-2.08>
  5. ISTA. (1996). *International Rules for Seed Testing*. Seed Science and Technology, 24 (Suppl.). Zurich, Switzerland.
  6. Babych, A. O., & Babych-Poberezhna, A. A. (2008). Seleksiia i vyrobnytstvo soi v Ukraini [Breeding and production of soybean in Ukraine]. Vinnytsia [in Ukrainian].
  7. Beznosko, I. V., Parfeniuk, A. I., Sherstoboieva, O. V., Havryliuk, L. V. Ya., Ternovyi, Yu. V., & Horhan, T. M. (2020). Vydovyi sklad fitopatohennykh mikromitsetiv nasinnia sortiv kulturnykh roslyn [Species composition of phytopathogenic micromycetes of seeds of cultivated plant varieties]. *Ahgroecological journal*, 2, 84–90. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2020.207685>
  8. Biliavska, L. H., & Harbuzov, Yu. Ye. (2026). Kharakterystyka novostvorenykh linii soi kulturnoi bez opushennia [characterization of new glabrous soybean lines]. *Plant Genetic Resources*, 35, 8–20. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.36814/pgr.2024.35.01>
  9. Holyk, L., Polishchuk, S., Raichuk, T., Shtakal, M., Levchenko, O., Kuzmenko, L., et al. (2023). Urozhainist sortiv pshenytsi ozymoi ta kontrol spalakhiv khvorob na roslynakh za umov zminy klimatu [Productivity of winter wheat varieties and control of plant disease outbreaks under climate change conditions]. *Bulletin of Agricultural Science*, 101(7), 14–22. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202307-02>
  10. Holodna, A. V., Hrytsiuk, Ya. V. (2024). Kultura soia ta yii znachennia u suchasnomu svitovomu i vitchyznianomu ahrovyrobnytstvi [soybean culture and its role in modern global and national agricultural production]. *Balanced Nature Using*, (2), 100–109. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2024.309929>
  11. Drozda, O. V. (2024). Sort yak vazhlyvyi faktor tekhnolohii vyroshchuvannia soi [Variety as an important factor in soybean cultivation technology]. *Irrigated Agriculture*, 81, 19–23. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2024.81.3>
  12. DSTU 4138:2002. Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti [Seeds of agricultural crops. Methods for quality determination]. (2003). Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
  13. Kyienko, Z. B., Prysiazniuk, L. M., Shovhun, O. O., et al. (2017). Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini [Methodology for conducting qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine]. 3rd ed. Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian]. <https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7e-67fb8d4b9.pdf>
  14. Markov, I. (2013). Prohnoz rozvytku khvorob – nevidiemna skladova intehrovanoho zakhystu roslyn [Forecasting disease development as an integral part of integrated plant protection]. *Ahrobiznes sohodni*. [in Ukrainian]. <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/365-prognoz-rozvitku-khvorob-nevid-emna-skladova-integrovanogo-zakhistu-roslyn.html>
  15. Melnychuk, F. S., Marchenko, O. A., & Retman, M. S. (2015). Tsytotoksychna diia funhitsydneykh protruynykiv na prorstky soi [Cytotoxic effect of fungicidal seed dressers on soybean seedlings]. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 5. [in Ukrainian]. <http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nd-2015-5-23>
  16. Mizernyk, D. V. (2024). Suchasnyi stan ta perspektyvy vyroshchuvannia soi v sviti i Ukraini [Current state and prospects of soybean cultivation in the world and Ukraine]. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, 76(1), 36–47. [in Ukrainian]. [https://doi.org/10.32636/01308521.2024-\(760-1-4\)](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(760-1-4))
  17. Pikovskyi, M. Y., & Kyryk, M. M. (2012). Symptomatyka biloi hnyli soi [Symptoms of white mold of soybean]. *Quarantine and plant protection*, 7, 2–5 [in Ukrainian].
  18. Pospelova, H. D., Kovalenko, N. P., Nechyporenko, N. I., & Kocherha, V. Ya. (2020). Vplyv ahroklimatechnykh faktoriv na rozvytok osnovnykh khvorob sortiv soi [Influence of agroclimatic factors on the development of major soybean diseases]. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 3, 44–52. [in Ukrainian]. [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-3\(107\)-6](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-3(107)-6)
  19. Kyrychenko, V. V., Riabukha, S. S., Kobyzieva, L. N., Posylaieva, O. O., & Chernyshenko, P. V. (2016). Soia (*Glycine max* (L.) Merr.) [Soybean]. Kharkiv [in Ukrainian]. <https://yuriev.com.ua/assets/files/knigi/soya-monografiya-7.pdf>

**Пилипенко С.В. Вплив насіннєвої інфекції на якість насіння сортів сої за різних гідротермічних умов**

**Мета.** Метою дослідження було оцінити вплив насіннєвої інфекції на формування показників якості насіння різних сортів сої залежно від гідротермічних умов року.

**Методи.** Дослідження проводили у 2024–2025 рр. в умовах Правобережного Лісостепу України на базі ВП «Агрономічна дослідна станція» НУБіП України. Об'єктами дослідження були сорти сої різного походження. Фітопатологічний аналіз насіння здійснювали відповідно до методик ISTA та ДСТУ 4138-2002 з визначенням частоти трапляння мікроміцетів. Показники якості насіння (маса 1000 насінин, вміст білка та жиру) визначали за допомогою інфрачервоного аналізатора. Для оцінки взаємозв'язків між показниками застосовано кореляційний аналіз.

**Результати.** Встановлено, що видовий склад насіннєвої мікобіоти змінювався залежно від погодних умов. У 2024 р. домінували *Alternaria alternaria*, *Mucor mucedo* та *Gliocladium roseum*, тоді як у 2025 р. мікобіота характеризувалася більшим різноманіттям і була представлена *Cladosporium cladosporioides*, *Alternaria alternata*, *Penicillium expansum*, *Fusarium graminearum* та *Rhizopus nigricans*. У 2025 р. зафіксовано підвищення маси 1000 насінин і вмісту білка (у середньому до 39,0 %) порівняно з 2024 р., водночас відмічено зниження вмісту жиру. Лабораторна схожість насіння у 2025 р. становила 100 % у всіх досліджуваних сортів. Кореляційний аналіз показав змінність взаємозв'язків між показниками якості: у 2024 р. маса 1000 насінин позитивно корелювала з вмістом білка ( $r = 0,68$ ), тоді як у 2025 р. зв'язок був негативним ( $r = -0,40$ ). Виявлено різноспрямовані зв'язки між розвитком мікроміцетів і біохімічними показниками насіння, зокрема позитивні для *Cladosporium cladosporioides* ( $r = 0,61$ ) та *Alternaria alternata* ( $r = 0,69$ ), а також виражені антагоністичні взаємодії за участю *Fusarium graminearum* ( $r$  до  $-0,79$ ).

**Висновки.** Насіннєва інфекція у поєднанні з гідротермічними умовами року впливає на формування якісних показників насіння сої та структуру його мікобіоти. Встановлені кореляційні залежності мають змінний характер і визначаються як біохімічними особливостями насіння, так і видовим складом мікроміцетів. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення систем оцінки якості насіння та розроблення заходів контролю насіннєвої інфекції.

**Ключові слова:** мікобіота, фітопатогени, схожість, ураженість, фактори середовища, продуктивність культури.

**Pylypenko S.V. Impact of Seed-Borne Infection on the Quality of Soybean Seeds under Different Hydrothermal Conditions**

**Purpose.** The aim of the study was to evaluate the effect of seed-borne infection on the formation of seed quality traits in different soybean varieties depending on hydrothermal conditions of the year.

**Methods.** The research was conducted in 2024–2025 under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine at the Agronomic Research Station of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Soybean varieties of different origin were used as the study material. Phytopathological analysis of seeds was performed according to ISTA and DSTU 4138-2002 methods to determine the frequency of occurrence of micromycetes. Seed quality parameters (1000-seed weight, protein and oil content) were determined using an infrared grain analyzer. Correlation analysis was applied to assess relationships between the studied traits.

**Results.** The species composition of seed mycobiota varied depending on weather conditions. In 2024, *Alternaria alternata*, *Mucor mucedo*, and *Gliocladium roseum* predominated, whereas in 2025 the mycobiota was more diverse and included *Cladosporium cladosporioides*, *Alternaria alternata*, *Penicillium expansum*, *Fusarium graminearum*, and *Rhizopus nigricans*. In 2025, an increase in 1000-seed weight and protein content (on average up to 39.0 %) was observed compared to 2024, along with a decrease in oil content. Laboratory germination in 2025 reached 100 % for all studied varieties. Correlation analysis revealed variability in relationships between quality traits: in 2024, 1000-seed weight positively correlated with protein content ( $r = 0.68$ ), while in 2025 the relationship was negative ( $r = -0.40$ ). Different directions of correlations between micromycetes and biochemical seed traits were identified, including positive correlations for *Cladosporium cladosporioides* ( $r = 0.61$ ) and *Alternaria alternata* ( $r = 0.69$ ), as well as strong antagonistic interactions involving *Fusarium graminearum* ( $r$  up to  $-0.79$ ).

**Conclusions.** Seed-borne infection in combination with hydrothermal conditions influences the formation of soybean seed quality traits and the structure of seed mycobiota. The identified correlations are variable and determined by both biochemical characteristics of seeds and the species composition of micromycetes. The obtained results can be used to improve seed quality assessment systems and develop effective strategies for controlling seed-borne infections.

**Key words:** mycobiota, phytopathogens, germination, disease incidence, environmental factors, crop productivity.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026  
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026  
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## МІКОФЛОРА НАСІННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ЗЕРНА

ПРИДАТКО В.В. – аспірант  
[orcid.org/0009-0005-8997-9765](https://orcid.org/0009-0005-8997-9765)

Національний університет біоресурсів і природокористування України

КОВАЛИШИНА Г.М. – доктор сільськогосподарських наук, професор  
[orcid.org/0000-0002-2715-7679](https://orcid.org/0000-0002-2715-7679)

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Постановка проблеми.** Якісне насіння є однією з основних агрономічних вимог, що забезпечують отримання високих і стабільних урожаїв сільськогосподарських культур. Вміст у зерновій масі пшениці насіння з патологічними ознаками суттєво знижує його кондиційні показники, а висока якість зерна після збирання врожаю не завжди гарантує збереження його в такому стані до посіву. Зерно сільськогосподарських культур є добрим поживним середовищем для різноманітної мікофлори, яка складається в основному з грибів, бактерій, мікоплазмів, вірусів. Неураженого насіння практично не існує, оскільки за хімічним складом воно є повноцінним поживним середовищем для розвитку багатьох мікроорганізмів, в т. ч. і грибів [1].

Існують грибні мікроорганізми, які здатні досить сильно уражувати колос та зернівки і знижувати врожай. Багато мікроорганізмів за нормальних умов зберігання не розвиваються, перебувають у стані латентної інфекції. Вони здатні уражувати проростки та рослини, що вирости з ураженого насіння або, при порушенні умов зберігання, можуть активно розвиватися і уражувати зерно. Тому для запобігання хвороб рослин у польових умовах потрібно проводити детальний аналіз насіння, як одного з першоджерел багатьох хвороб.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Хвороби насіння є суттєвою загрозою для врожаю та якості товарного зерна і посівного матеріалу пшениці озимої [2]. Якість насіння багато в чому визначає долю майбутнього врожаю. До складових якості, крім схожості, забрудненості, вологості, входить показник наявності хвороботворчої інфекції. Як зазначають Л. Е. Веcker і М. А. Cubeta [1], насіння пшениці є не лише носієм окремих патогенів, а й середовищем існування специфічних грибних угруповань, склад яких впливає на стан спокою насіння, його проростання, якість зерна та сприйнятливості рослин до хвороб.

Зараження насіннєвого матеріалу мікроміцетами проходить в різний час: в період вегетації рослин, під час збирання врожаю (вплив вологості під час обмолоту), в період зберігання насіння (порушення його режиму, підвищення вологості при зберіганні) [2]. Серед хвороб колосу пшениці озимої найшкідливішими залишаються сажкові. При відсутності дезінфікуючих заходів або при неправильному їх проведенні, ці хвороби здатні

призводити до колосальних втрат врожаю (27–46,8 %) [1,19]. Поряд із сажковими грибами значним поширенням і шкідливістю характеризуються фузаріоз і ензімо-мікозне виснаження, вони несуть за собою суттєве зниження врожаю та якісних показників зерна [3]. Патологічні ознаки зерна пшениці характеризуються його плюскістю, потемнінням в області зародку, зміною забарвлення зернівок, наявністю на їх поверхні міцелію збудників у вигляді нальоту. Проте, у цілком здоровому за зовнішніми ознаками насінні нерідко відмічається присутність різних патогенів.

Мікроміцети, які уражують зерно пшениці, здатні продукувати токсичні метаболіти, що призводить до отруєння людини та тварин, а також володіють канцерогенними властивостями. Сюди відносять види із родів: *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria* і *Mucor* [1,4, 5,20]. М. В. Daichi з колегами [4] підкреслюють, що види роду *Alternaria* є важливими патогенами пшениці, які спричиняють не лише продуктивні та якісні втрати зерна, а й формують суттєвий токсикологічний ризик через накопичення мікотоксинів у зернівках.

Ураження колосу збудниками фузаріозу призводить до значного зниження кількості зерен, їх величини, продуктивності рослин і врожайності, істотно збільшується інфікованість насіння. Фузаріоз супроводжується зниженням врожаю на 20-30% і забрудненням зерна небезпечними для людей і тварин мікотоксинами. За наявності опадів, уражений фузаріозом колос може покриватися нальотом інших грибів, зокрема: *Alternaria alternata* (Fs.) Keisler і *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link, внаслідок чого колос стає майже чорним [6,7].

М. В. Daichi та колеги [4] встановили домінування *Alternaria alternata* серед видів, асоційованих із зерном пшениці, а також підтвердили високу різноманітність представників цього роду, здатних колонізувати зернівки.

Гриби роду *Alternaria* заселяють зернівки під час розвитку рослин у полі до збирання. Зараження зерна проходить у період від початку колосіння до повної стиглості хлібних злаків. Альтернатариози проявляються під час цвітіння і молочної стиглості на колосових лусочках у вигляді темних плям. Пізніше при досягненні зерна спостерігається почорніння зародка, а іноді й інших ділянок зерна [7]. Сильний розвиток альтернатариозу зерна багато дослідників спостерігали за наявності



опадів, підвищеної вологості повітря і високої температури (понад 24 °C), починаючи від фази цвітіння до кінця молочно-воскової стиглості.

Великої шкоди насіннєвому матеріалу завдають і сапрофітні плісеневі гриби. Найбільш поширеними серед поверхневої мікофлори насіння є представники родів: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Cladosporium*, *Macrosporium*, *Epicoccum* [4,5]. У польових умовах вони розвиваються слабо і лише за високої вологості повітря у період дозрівання та збирання врожаю, уражують генеративні органи рослин. Травмування зерна, пошкодження його оболонок під час механічного обмолоту призводить до зараження плісневими грибами [5].

Проблема ензимо-мікозного виснаження («стікання») зерна під впливом дощу, роси і туману не є новою. Основні фізіолого-біохімічні аспекти вивчення явища «стікання» зерна були закладені академіком М.Г. Холодним у 1949 р. Вивченням цього явища займалися і займаються багато вчених, зокрема Г.В. Мазильников, В.Г. Новохатка, Л.О. Крючкова, Л.Е. Becker, Л. Golosna, О.П. Волощук, R.A. Shoemaker та ін. [1,7,8,10,11,13]. Вченими встановлено, що ензимо-мікозне виснаження зерна проходить у дві фази. У результаті першої неінфекційної фази реактивуються ензими під дією підвищених температур і вологості, внаслідок чого руйнується крохмаль і розпадаються білкові структури. Утворенні таким чином водорозчинні, осматично активні речовини (цукри, продукти розпаду білків) підвищують притік води в зерно з його вологості поверхні, чим підсилюють подальший гідролітичний розпад запасних поживних речовин. Разом з цим зростає і гідростатичний тиск на клітинні стінки зернівки, що спричинює їх розрив. Унаслідок чого частина водорозчинних продуктів гідролізу витікає із зерна через мікроскопічні тріщини в результаті чого на колосі і зерні утворюється солодка «медвяна роса». Поряд з гідролітичними реакціями значно підсилюється дихання – «холодне горіння» продуктів гідролізу в тканинах зародку і в ендоспермі зволоженої зернівки. При цьому утворюється та втрачається вуглекислий газ і вода, що виділяється при диханні, але вони частково залишаються в зернівках, що ще більше сприяє підсиленню гідролітичних і окислювальних процесів [7].

Друга – мікозна стадія починається шляхом заселення зернівок сапротрофними і напівпаразитними грибами – *Alternaria*, *Bipolaris*, *Cladosporium* та ін. Поживним середовищем для них є виділенні розчинні вуглеводи та інші азотні сполуки. Гриби можуть проникати у внутрішні тканини зернівок і виділяти токсини. Проростаючи, гриби продукують ферменти, що підсилюють гідроліз і окислювальний розпад запасних речовин зерна. За кожного нового зволоження колосся і зерна утворюються нові «порції» водорозчинних продуктів гідролізу білків і вуглеводів, що являють собою «свіже» живильне середовище для грибів, активізують їхній метаболізм і сприяють додатковому руйнуванню зерна. Все це підвищує втрати врожаю, які можуть сягнути 30–50 %, і погіршує якість зерна [3,9].

Встановлено, що сумарні втрати сухої речовини в зерні пшениці озимої після інтенсивних дощів досягають 17 %, вміст крохмалю зменшується на 2–20 %, інтенсивність дихання в середньому зростає на 8–16 %, в ураженому зерні вміст цукрів у 1,2 рази більший, ніж у здоровому. Маса 1000 насінин з ураженого колосся на 21,1–54,4 % менша, ніж зі здорового [3,5,9].

О.П. Волощук із співавторами встановлено різну стійкість сортів до явища ензимо-мікозного виснаження зерна при перестой «на корені» впродовж 4, 8 і 12 діб після настання повної стиглості. На підставі аналізу визначено, що найнижчі втрати маси 1000 насінин забезпечують екологічно пластичні сорти лісостепового екотипу – Ювіляр Миронівський, Колос Миронівщини, Бенефіс, Краєвид, Лісова пісня [11,13,14]. Ю.В. Воробйова також наголошує, що з перестоєм зерна «на корені» сорти по-різному реагували на надмірну вологість повітря і опадів, що розширювало їхній розмах мінливості урожаю від 0,08 т/га (середньопізній сорт) до 0,75 т/га (ранньостиглі сорти) [15].

За шкодочинністю це комплексне захворювання посідає в нашій країні і у світі одне з перших місць серед хвороб зернових культур. Цьому сприяє широкомасштабна інтенсифікація сільськогосподарського виробництва у поєднанні з абіотичними факторами.

**Мета роботи:** визначити видовий склад збудників ензимо-мікозного виснаження зерна та вивчити їх вплив на показники якості.

**Матеріали та методика досліджень.** Досліди проводили упродовж 2023–2024 та 2024–2025 вегетаційних років в південній частині Чернігівської області, в межах Прилуцького району. У дослідженнях використовували 8 сортів пшениці озимої: МІП Вишиванка, Вежа Миронівська і МІП Валенсія (Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла), Носівочка (Носівська селекційно-дослідна станція Миронівського інституту пшениці ім. В.М. Ремесла), Емерік (KWS, Німеччина), Мескаль (Limagrain, Франція), Юлія (Selgen, Чехія), Тобак (Saaten Union, Німеччина).

У період вегетації та зерноутворення для характеристики погодних умов (гідротермічного режиму) використовували дані Meteoblue, що дозволило детально описати температурні умови. Вивчення впливу гідротермічних умов на зерноутворення досліджуваних сортів проводили відповідно до узагальнених календарних строків фенофаз [11,14].

Обробку отриманих даних здійснювали із застосуванням програмного забезпечення Microsoft Excel. За допомогою Excel проводили основні статистичні обчислення, зокрема визначали середнє арифметичне, стандартне відхилення, коефіцієнти варіації та кореляції, найменшу істотну різницю (НІР) між досліджуваними показниками. Різницю між показниками вважали статистично достовірною за рівня значущості  $p < 0,05$ .

Обліки з ураження рослин пшениці озимої збудниками хвороб та аналіз насіння на грибну інфекцію проводили згідно із загальноприйнятими методиками [17].

Фітопатологічну оцінку насіння пшениці здійснювали у проблемній науково-дослідній лабораторії Мікології і фітопатології з використанням біологічного методу, наведеного в ДСТУ 3768-04 та ДСТУ 4138-2002 [16,22]. Ідентифікацію грибів здійснювали шляхом їх мікроскопічного аналізу.

Показники якості зерна визначали за загально-прийнятими методиками [18,21].

Результати та обговорення

Ензимо-мікозне виснаження – складне комплексне захворювання. Пусковим механізмом розвитку хвороби є фактори абіотичного характеру, які згодом ускладнюються біотичними. Ензимо-мікозне виснаження виникає на нестійких проти нього сортах як результат порушення обміну речовин в умовах надлишкової вологості і підвищення температури повітря в період цвітіння і дозрівання [3,5,9].

У роки проведення досліджень погодні умови були контрастними, особливо у період формування зернівки та показників якості зерна (табл. 1). У 2024 р. опади відмічені у травні і червні місяці у всіх трьох декадах, проте у липні дощів не відмічено. Температура повітря у травні місяці варіювала від 15,6 °С до 23,0 °С. У червні показники температури підвищилися до 25,5 °С у третій декаді місяця. У липні показники температури повітря були ще вищими, а у другій декаді перевищували позначку в 35 °С. Це призвело до прискореного дозрівання зерна. У 2025 р. опади відмічено у травні та червні у всі три декади. У липні кількість опадів була меншою, проте їх кількість вплинула на тривалість формування зернівки, а саме на воскову і повну стиглість зерна. Показники температури у травні-липні 2025 р. були дещо нижчими, ніж за цей період у 2024 р. Це сприяло подовженню фаз воскової і повної стиглості зерна (табл. 1).

Період від колосіння до повної стиглості у сортів пшениці озимої визначається як генетичними особливостями сорту, так і умовами навколишнього середовища, серед яких вирішальними є температура і вологість повітря, що не підлягають регулюванню. Дослідженнями науковців встановлено, що погодні умови, як і генетичний чинник (сорт), є також важливими регуляторами процесу формування високоякісного зерна [15,19].

Контрастні погодні умови у досліджувані роки вплинули на проходження фаз розвитку рослин пшениці озимої. Фаза колосіння рослин досліджуваних сортів у 2024 р. настання 6-9 травня, а у 2025 р. – 27-30 квітня, залежно від сортових особливостей. Фазу цвітіння у 2024 р. відмічено 18-23 травня, а у 2025 р. – 6-11 травня.

Формування зернівки і настання молочної та воскової стиглості зерна у 2025 р. відбувалося швидше, ніж у 2024 р. Проте повну стиглість зерна відмічено на декілька днів пізніше чому сприяли нижчі показники температури повітря і опади у цей період (табл. 2).

У 2024 р. інфекція збудників хвороб на насінні була незначною. Частота трапляння *Alternaria alternata* знаходилась в межах 11,4-22,7 %, *Fusarium avenaceum* – 0,6-2,7 %, залежно від сорту. Наявність інфекції інших збудників хвороб була мінімальною і лише на окремих сортах (табл. 3).

У 2025 р. у період колосіння і до повної стиглості, що припадає на травень-липень місяці, у кожній декаді відмічено опади, тоді як у липні місяці 2024 р. опадів не було. Це призвело до появи на колосі збудників грибів, які викликають чорноколосицю. У фазу повної стиглості колосся усіх сортів було чорним. Вивчення в лабораторних умовах мікофлори насіннєвого матеріалу свідчить, що вона представлена типовими сапрофітами і напівпаразитами, які мають значне поширення в Україні. У чисту культуру нам вдалося виділити й ідентифікувати такі види грибів: *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Fusarium avenaceum*, *Nigrospora oryzae*, *Penicillium expansum*, *Epicoccum nigrum*. Найбільша частота трапляння відмічена для грибів *Alternaria alternata* – 46,6–58,6 %. Вищі показники відмічено на сортах Юлія (58,6 %) і Носівочка (58,5 %), а найнижчі – на сортах Мескаль (46,6 %) та Емерік (49,1 %). Частота трапляння на насінні збудника *Fusarium avenaceum* на сорті Емерік становила 12 %, а найменша – 1 % на сорті Носівочка. Наявність інфекції *Cladosporium herbarum* (1,3 %) відмічено лише на сорті Емерік. На насінні сортів Носівочка і Мескаль виявлено інфекцію збудників *Nigrospora oryzae* і *Penicillium expansum*. Збудника *Epicoccum nigrum* виявлено лише на насінні сорту Тобак (1,3 %) (табл. 3).

У 2024 р. показник вологості зерна досліджуваних сортів знаходився в межах 9,2-9,5 %. Вищі показники вологості зерна відмічені для сортів іноземної селекції: Емерік, Мескаль, Юлія і Тобак – 9,4-9,5 %, що перевищувало середнє значення (9,3 %). Показники вологості зерна у сортів вітчизняної селекції становили 9,2 %, що нижче середнього значення по сортах, крім сорту

Таблиця 1

Гідротермічні показники у періоди формування зернівки пшениці озимої, 2024–2025 рр.

| Місяць  | Показники               |      |      |                 |      |      |
|---------|-------------------------|------|------|-----------------|------|------|
|         | температура повітря, °С |      |      | сума опадів, мм |      |      |
|         | декади місяця           |      |      | декади місяця   |      |      |
|         | I                       | II   | III  | I               | II   | III  |
| 2024 р. |                         |      |      |                 |      |      |
| травень | 17,7                    | 15,6 | 23,0 | 4,1             | 8,1  | 11,8 |
| червень | 25,0                    | 23,0 | 25,5 | 30,6            | 31,0 | 9,0  |
| липень  | 30,0                    | 35,2 | 29,5 | -               | -    | -    |
| 2025 р. |                         |      |      |                 |      |      |
| квітень | 8,6                     | 20,6 | 14,6 | 1,3             | -    | 0,7  |
| травень | 15,1                    | 14,6 | 23,3 | 17,3            | 17,9 | 33,4 |
| червень | 24,3                    | 19,6 | 20,4 | 17,1            | 16,9 | 13,9 |
| липень  | 30,6                    | 28,7 | 25,8 | 7,9             | 4,1  | 6,6  |



Таблиця 2

Календарні строки настання фаз цвітіння – повна стиглість пшениці озимої у 2024-2025 рр.

| Фази розвитку рослин | 2024 р.      | 2025 р.      |
|----------------------|--------------|--------------|
| колосіння            | 6–9 травня   | 27–30 квітня |
| цвітіння             | 18–23 травня | 6–11 травня  |
| формування зернівки  | 11–15 червня | 11–12 червня |
| молочна стиглість    | 22–27 червня | 18–22 червня |
| воскова стиглість    | 5–6 липня    | 2–4 липня    |
| повна стиглість      | 10–11 липня  | 12–14 липня  |

Таблиця 3

Мікофлора насіння пшениці озимої, (2024-2025 рр.)

| Сорт             | Частота трапляння грибів, % |                           |                          |                             |                         |                              |
|------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------------|
|                  | <i>Alternaria alternata</i> | <i>Fusarium avenaceum</i> | <i>Nigrospora oryzae</i> | <i>Penicillium expansum</i> | <i>Epicoccum nigrum</i> | <i>Cladosporium herbarum</i> |
| 2024 р.          |                             |                           |                          |                             |                         |                              |
| Носівочка        | 22,3                        | 1,0                       | –                        | 0,7                         | –                       | –                            |
| МІП Вишиванка    | 11,4                        | 0,6                       | –                        | –                           | –                       | –                            |
| Вежа Миронівська | 15,3                        | 1,8                       | –                        | –                           | –                       | –                            |
| МІП Валенсія     | 16,1                        | –                         | –                        | –                           | –                       | –                            |
| Емерік           | 12,3                        | 2,7                       | –                        | –                           | –                       | 0,9                          |
| Мескаль          | 13,4                        | 1,7                       | 0,4                      | –                           | –                       | –                            |
| Юлія             | 22,7                        | 1,8                       | –                        | –                           | –                       | –                            |
| Тобак            | 19,3                        | 1,3                       | –                        | –                           | –                       | 0,6                          |
| 2025 р.          |                             |                           |                          |                             |                         |                              |
| Носівочка        | 58,5                        | 1,0                       | 2,0                      | 1,0                         | –                       | –                            |
| МІП Вишиванка    | 50,6                        | –                         | –                        | –                           | –                       | –                            |
| Вежа Миронівська | 57,2                        | 6,1                       | –                        | –                           | –                       | –                            |
| МІП Валенсія     | 56,1                        | 3,2                       | –                        | –                           | –                       | –                            |
| Емерік           | 49,1                        | 12,0                      | –                        | –                           | –                       | 1,3                          |
| Мескаль          | 46,6                        | 5,3                       | 1,3                      | 1,3                         | –                       | –                            |
| Юлія             | 58,6                        | 4,3                       | –                        | –                           | –                       | –                            |
| Тобак            | 54,6                        | 4,0                       | –                        | –                           | 1,3                     | –                            |

Носівочка, показник вологості зерна у якого був на рівні середнього значення по сортах – 9,3 %. Показник маси 1000 зерен, в середньому по сортах, становив 46,8 г. Вищі показники цієї ознаки відмічено для сортів МІП Вишиванка та Носівочка – 50,5 та 48,9 г, відповідно. За показниками вмісту клейковини кращими виявилися вітчизняні сорти МІП Вишиванка та Вежа Миронівська – 22,0 %, що перевищувало середній показник по сортах (20,6 %). Для сортів іноземної селекції – Емерік, Мескаль, Юлія, Тобак даний показник знаходився в межах 17,6-21,0 %. Найнижчі показники відмічено для сортів Тобак (17,6 %) і Мескаль (18,45 %). Показник скловидності зерна у всіх досліджуваних сортів знаходився в межах 48-50 %. Вміст білку у зерні сортів вітчизняної селекції також мав вищі показники і знаходився в межах 11,2-11,4 %, що перевищувало середнє арифметичне значення (10,9 %), а у іноземних сортів показники даної ознаки – 9,6-11,2 % (табл. 4).

Аналізуючи показники якості зерна у 2025 р. встановили, що показник вологості зерна знаходився в межах 12,2-12,6 %, чому сприяли гідротермічні показники у цей

період, тоді як у 2024 р. вологість зерна досліджуваних сортів знаходився в межах 9,2-9,5 %. Маса 1000 зерен варіювала від 44,6 г у сорту Емерік до 51,7 г у МІП Вишиванка і в середньому по сортах становила 48,0 г, що вище середньоарифметичного показника цієї ознаки у 2024 р. – 46,8 г. Високі показники вмісту клейковини відмічено у сортів Вежа Миронівська (18,2 %), Мескаль (18,4 %) та МІП Валенсія (17,8 %), найнижчі – у сортів Юлія (15,0 %) і Тобак (15,4 %). Середнє значення по сортах даної ознаки знаходилося на рівні 16,7 %, що значно нижче даного показника у 2024 р. – 20,6 %. Показник скловидності по сортах знаходився в межах 32,0-40,0 % і в середньому становив 36,0 %, що значно нижче минулорічного показника (48,0 %). Вищим цей показник виявився у сортів Вежа Миронівська (40 %), МІП Валенсія, Емерік і Мескаль (38 %). За показниками вмісту білку вищі показники відмічено у сортів Вежа Миронівська (10,9 %), МІП Валенсія (10,8 %) і Емерік (10,7 %), за середнього значення по сортах 10,3 % (табл. 4). Погодні умови, які склалися у період формування і наливу зерна, значно вплинули на показники якості. Крім того,

на показники якості вплинули і збудники хвороб, які викликають чорноколосицю.

За результатами досліджень встановлено, що більш сприятливим за вологозабезпеченням виявився 2025 р., що забезпечило вищі показники продуктивності рослин, але показники якості зерна були нижчими. 2024 р. характеризувався більш сухими умовами у період формування зерна, що сприяло кращим показникам якості зерна, проте показники маси 1000 зерен були нижчими.

Виявлено дуже сильний обернений зв'язок між вологістю зерна та скловидністю ( $r = -0,90$ ), а також сильний негативний зв'язок між вологістю і вмістом клейковини ( $r = -0,83$ ) (табл. 5). Водночас між скловидністю та клейковиною зафіксовано дуже сильний прямий зв'язок ( $r = 0,90$ ), що свідчить про узгоджене формування цих показників якості. Вміст білка також демонструє сильний позитивний зв'язок із клейковиною ( $r = 0,83$ ) та помірно-сильний зв'язок зі скловидністю ( $r = 0,73$ ).

Аналіз взаємозв'язків між грибною інфекцією та показниками якості зерна показав, що найбільш суттєвий вплив має *Alternaria alternata*. Його розвиток характеризується дуже сильним позитивним зв'язком із вологістю зерна ( $r = 0,97$ ) та одночасно сильним і дуже сильним оберненим зв'язком із показниками якості: клейковиною ( $r = -0,82$ ) і скловидністю ( $r = -0,91$ ). Це свідчить про суттєве погіршення технологічних

властивостей зерна за умов інтенсивного розвитку цього патогену.

Для *Fusarium avenaceum* встановлено помірний позитивний зв'язок із вологістю ( $r = 0,56$ ) та *Cladosporium herbarum* ( $r = 0,59$ ), а також помірний негативний зв'язок із масою 1000 зерен ( $r = -0,43$ ), що може свідчити про його вплив на формування виповненості зерна.

Інші види грибів проявляли переважно слабкі та помірні взаємозв'язки. Зокрема, *Nigrospora oryzae* та *Penicillium expansum* характеризувалися сильним позитивним взаємозв'язком між собою ( $r = 0,83$ ), що може вказувати на подібні екологічні умови їх розвитку або спільну колонізацію субстрату. Водночас їхній вплив на показники якості зерна був здебільшого слабким або помірним.

Для *Epicoccum nigrum* встановлено переважно слабкі зв'язки з більшістю показників, що свідчить про обмежений вплив цього виду на якість зерна в досліджуваних умовах.

Окремо слід відзначити, що маса 1000 зерен має помірний обернений зв'язок із *Cladosporium herbarum* ( $r = -0,63$ ), що може вказувати на зниження крупності зерна за підвищеного рівня інфікування.

Таким чином, результати кореляційного аналізу свідчать, що найбільш негативний вплив на якість зерна мають гриби роду *Alternaria*, тоді як інші патогени проявляють менш виражені або опосередковані

Таблиця 4

Показники якості зерна досліджуваних сортів пшениці м'якої озимої (2024–2025 рр.)

| Сорт             | Маса 1000 зерен, г | Вологість, % | Клейко-вина, % | Скловидність, % | Білок, % |
|------------------|--------------------|--------------|----------------|-----------------|----------|
| 2024 р.          |                    |              |                |                 |          |
| Носівочка        | 48,9               | 9,3          | 21,0           | 48,0            | 11,4     |
| МІП Вишиванка    | 50,5               | 9,2          | 22,0           | 50,0            | 11,3     |
| Вежа Миронівська | 46,5               | 9,2          | 22,0           | 48,0            | 11,3     |
| МІП Валенсія     | 47,7               | 9,2          | 21,6           | 50,0            | 11,2     |
| Емерік           | 43,8               | 9,5          | 20,8           | 50,0            | 11,2     |
| Мескаль          | 46,1               | 9,5          | 18,4           | 50,0            | 10,1     |
| Юлія             | 46,6               | 9,4          | 21,0           | 48,0            | 10,7     |
| Тобак            | 44,1               | 9,4          | 17,6           | 40,0            | 9,6      |
| $\bar{x}$        | 46,8               | 9,3          | 20,6           | 48,0            | 10,9     |
| SD               | 2,3                | 0,1          | 1,7            | 3,4             | 0,7      |
| CV, %            | 5,0%               | 10,0%        | 8,0%           | 7,0%            | 6,0%     |
| 2025 р.          |                    |              |                |                 |          |
| Носівочка        | 50,6               | 12,4         | 16,0           | 32,0            | 9,8      |
| МІП Вишиванка    | 51,7               | 12,4         | 16,0           | 32,0            | 9,8      |
| Вежа Миронівська | 47,1               | 12,3         | 18,2           | 40,0            | 10,9     |
| МІП Валенсія     | 48,8               | 12,2         | 17,8           | 38,0            | 10,8     |
| Емерік           | 44,6               | 12,6         | 17,0           | 38,0            | 10,7     |
| Мескаль          | 47,7               | 12,6         | 18,4           | 38,0            | 10,1     |
| Юлія             | 48,5               | 12,5         | 15,0           | 34,0            | 9,8      |
| Тобак            | 45,3               | 12,4         | 15,4           | 36,0            | 10,1     |
| $\bar{x}$        | 48,0               | 12,4         | 16,7           | 36,0            | 10,3     |
| SD               | 2,4                | 0,1          | 1,3            | 3,0             | 0,5      |
| CV, %            | 5,0%               | 1,0%         | 8,0%           | 8,0%            | 5,0%     |

Примітка: \* – за стандартної вологості (14 %)

Таблиця 5

Кореляційна матриця показників якості зерна та насінневої грибною інфекції у пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.)

|                              | Маса 1000 зерен, г | Вологість, % | Клейко-вина, % | Склови-дність, % | Білок, %    | <i>Alternaria alternata</i> | <i>Fusarium avenaceum</i> | <i>Nigrospora oryzae</i> | <i>Penicillium expansum</i> | <i>Epicoccum nigrum</i> | <i>Cladosporium herbarum</i> |
|------------------------------|--------------------|--------------|----------------|------------------|-------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------------|
| Маса 1000 зерен, г           | –                  |              |                |                  |             |                             |                           |                          |                             |                         |                              |
| Вологість, %                 | 0,24+-0,07         | –            |                |                  |             |                             |                           |                          |                             |                         |                              |
| Клейковина, %                | -0,09+-0,08        | -0,83+-0,04  | –              |                  |             |                             |                           |                          |                             |                         |                              |
| Склови-дність, %             | -0,30+-0,07        | -0,90+-0,03  | 0,90+-0,03     | –                |             |                             |                           |                          |                             |                         |                              |
| Білок, %                     | -0,06+-0,08        | -0,52+-0,07  | 0,83+-0,04     | 0,73+-0,07       | –           |                             |                           |                          |                             |                         |                              |
| <i>Alternaria alternata</i>  | 0,29+-0,07         | 0,967+-0,02  | -0,82+-0,05    | -0,91+-0,08      | -0,49+-0,07 | –                           |                           |                          |                             |                         |                              |
| <i>Fusarium avenaceum</i>    | -0,43+-0,07        | 0,56+-0,06   | -0,35+-0,04    | -0,31+-0,07      | -0,02+-0,07 | 0,47+-0,08                  | –                         |                          |                             |                         |                              |
| <i>Nigrospora oryzae</i>     | 0,31+-0,07         | 0,34+-0,07   | -0,27+-0,03    | -0,37+-0,08      | -0,41+-0,07 | 0,31+-0,07                  | -0,05+-0,07               | –                        |                             |                         |                              |
| <i>Penicillium expansum</i>  | 0,31+-0,07         | 0,26+-0,07   | -0,08+-0,07    | -0,25+-0,04      | -0,18+-0,07 | 0,23+-0,07                  | -0,01+-0,07               | 0,83+-0,08               | –                           |                         |                              |
| <i>Epicoccum nigrum</i>      | -0,24+-0,07        | 0,25+-0,07   | -0,35+-0,07    | -0,23+-0,08      | -0,19+-0,04 | 0,26+-0,07                  | 0,09+-0,08                | -0,11+-0,06              | -0,12+-0,07                 | –                       |                              |
| <i>Cladosporium herbarum</i> | -0,63+-0,06        | 0,01+-0,08   | -0,06+-0,07    | 0,02+-0,07       | 0,06+-0,07  | -0,10+-0,07                 | 0,59+-0,08                | -0,19+-0,07              | -0,21+-0,07                 | -0,12+-0,08             | –                            |

взаємозв'язки. Отримані дані підтверджують важливу роль фітопатогенного комплексу у формуванні якісних показників зерна пшениці озимої та можуть бути використані при оцінці стійкості сортів і розробці заходів захисту.

**Висновки.** У результаті проведених досліджень встановлено, що гідротермічні умови вегетаційних років мали істотний вплив на формування показників якості зерна. Сприятливим за вологозабезпеченням виявився 2025 р, що забезпечило вищі показники продуктивності рослин, але показники якості зерна були нижчими. Більш сухими умовами в період формування зерна характеризувався 2024 р., що сприяло кращим показникам якості зерна, проте показники маси 1000 зерен були нижчими. У 2025 р. у період колосіння і до повної стиглості у кожній декаді травня-липня відмічено опади, що призвело до появи на колосі збудників грибів, які викликають чорноколосицю. У лабораторних умовах із насіння досліджуваних сортів у чисту культуру нам вдалося виділити й ідентифікувати такі види грибів : *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Fusarium avenaceum*, *Nigrospora oryzae*, *Penicillium expansum*, *Epicoccum nigrum*. Найбільша частота трапляння відмічена для грибів *Alternaria alternata* – 46,6-58,6 %. Вищі показники відмічено на сортах Юлія (58,6 %) і Носівочка

(58,5 %), а найнижчі – на сортах Мескаль (46,6 %) та Емерік (49,1 %). Найбільшу частоту трапляння на насінні збудника *Fusarium avenaceum* виявлено на сорті Емерік – 12 %, а найменшу – 1 % на сорті Носівочка. Наявність інфекції *Cladosporium herbarum*, *Nigrospora oryzae*, *Penicillium expansum*, *Epicoccum nigrum* виявлено лише на насінні окремих сортів.

За результатами кореляційного аналізу виявили наявність тісних взаємозв'язків між показниками якості зерна та рівнем насінневої інфекції у пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.). Встановлено, що підвищення вологості зерна супроводжується істотним погіршенням його технологічних властивостей, зокрема зниженням вмісту клейковини та скловидності (сильні та дуже сильні обернені зв'язки). Найбільш виражений негативний вплив на якість зерна виявлено для *Alternaria alternata*, розвиток якого тісно пов'язаний із підвищеною вологістю та зниженням основних показників якості. Інші патогени, зокрема *Fusarium avenaceum* та *Cladosporium herbarum*, проявляють переважно помірний вплив, зокрема на формування маси 1000 зерен. Загалом встановлені закономірності підтверджують визначальну роль фітопатогенного комплексу та гідротермічних умов у формуванні якості зерна і мають бути враховані при добірї стійких сортів та оптимізації систем захисту рослин.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Becker L. E., Cubeta M. A. The contribution of beneficial wheat seed fungal communities beyond disease-causing fungi: Advancing heritable mycobiome-based plant breeding. *Environmental Microbiology Reports*. 2024. Vol. 16, № 6. Article e70004. DOI: 10.1111/1758-2229.70004
- Bogach M., Paliy A., Bohach D., Kovalenko L., Selishcheva N., Ganova L. Influence of weather conditions on contamination of grain fodder by micromycetes in the northwestern Black Sea region of Ukraine. *Mikrobiologichnyi Zhurnal*. 2024. Vol. 86, № 5. P. 75–86. DOI: 10.15407/microbiolj86.05.075
- Covarelli L., Giordano L., Beccari G., Onofri A., Sulyok M., Balducci E. Mycobiota and fungal secondary metabolites associated with wheat grains harvested in different cultivation areas of Western Australia. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2025. Vol. 24. Article 102419. DOI: 10.1016/j.jafr.2025.102419
- Daichi M. B., Masiello M., Haidukowski M., De Girolamo A., Moretti A., Bencheikh A. Assessing *Alternaria* species and related mycotoxin contamination in wheat in Algeria: A food safety risk. *Toxins*. 2025. Vol. 17, № 6. Article 309. DOI: 10.3390/toxins17060309
- Forsberg G. Control of cereal seed-borne diseases by hot humid air seed treatment: doctoral thesis. Swedish university of agricultural sciences. Uppsala. 2004. 48 p. URL: [https://pub.epsilon.slu.se/516/1/Sammanfattning\\_slutkorrigerad.pdf](https://pub.epsilon.slu.se/516/1/Sammanfattning_slutkorrigerad.pdf)
- Gialluisi K., Nicoletti M. G., El Darra N., Solfrizzo M., Gambacorta L. Occurrence and Levels of Emerging *Alternaria* Mycotoxins Detected in Spices and Herbs Marketed in Italy. *Toxins*. 2025. Vol. 17, № 11. Article 552. DOI: 10.3390/toxins17110552
- Golosna L. Black point of winter wheat seeds. *Quarantine and Plant Protection*. 2021. № 3. P. 13–17. DOI: 10.36495/2312-0614.2021.3.13-17
- Golosna L., Chrpova J., Palicova J., Faltus M., Bobrova O. Effects of Black Point on Wheat Seed Mass and Seedling Growth. *Crops*. 2026. Vol. 6, № 1. Article 14. DOI: 10.3390/crops6010014
- Kochanova M., Zounar M., Prokinova E., Rysanek P. Detection of *Tilletia caries* in wheat by PCR method. *Plant, Soil and Environment*. 2004. Vol. 50, № 2. P. 75–77. DOI: 10.17221/3684-PSE
- Shoemaker R. A. Nomenclature of Drechslera and Bipolaris, grass parasites segregated from «Helminthosporium». *Canadian journal of Plant pathology*. 2006. Vol. 28, № 1. P. 212–220. DOI: 10.1080/07060660609507377
- Voloshchuk I., Voloshchuk O., Stasiv O., Panakhyd H., Hlyva V., Bilovus H. Specific manifestations of enzymomycotic depletion of grain on crop losses. *Studia Biologica*. 2023. Vol. 17, № 4. P. 103–116. DOI: 10.30970/sbi.1704.739
- Адаменко Т. І. Стихийні гідрометеорологічні явища та їх вплив на сільське господарство України. *Агроном*. 2007. № 4. С. 17.
- Волощук О. П., Волощук І. С., Біловус Г. Я., Коник Г. С., Воробйова Ю. В. Ензимо-мікозне виснаження зерна пшениці озимої в умовах Західного Лісостепу України : монографія. НААН України. Ін-т сільського господарства Карпатського регіону. Львів : ЛІГА. 2013. 166 с.
- Волощук О. П., Гаврилюк М. М., Волощук І. С., Глива В. В. Сортові особливості продуктивності й втрат урожайності пшениці озимої залежно від впливу погодних чинників у Західному Лісостепу. *Фізіологія рослин і генетика*. 2020. Т. 52. № 4. С. 320–330. DOI: 10.15407/frg2020.04.320
- Воробйова Ю. В. Особливості втрати врожаю пшениці озимої від ензимо-мікозного виснаження зерна залежно від групи стиглості. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2016. Вип. 59. С. 45–53.
- ДСТУ 3768:2014 Пшениця. Технічні умови. Київ : Держстандарт України, 2014. 15 с.
- ДСТУ 4138:2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.
- Києнко З. Б., Присяжнюк Л. М., Шовгун О. О., Іваницька А. П., Павлюк Н. В. *Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні*. 3-тє вид. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2017. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7e67fb8d4b9.pdf>
- Ковалишин А. Б. Грибні хвороби зерна озимої пшениці та біологічне обґрунтування заходів обмеження їх розвитку в правобережному Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. біол. наук : 06.01.11. Київ, 2010. 23 с.
- Коломієць Л. А., Хоменко С. О., Басанець Г. С., Дергачов О. Л. Формування показників якості зерна пшениці озимої залежно від гідротермічних умов у Лісостепу України. *Науково-технічний бюлетень МІП імені В.М. Ремесла*. 2010. Вип. 10. С. 93–107.
- Методика проведення експертизи та державного випробування сортів рослин зернових, круп'яних та зернобобових культур. *Охорона прав на сорти рослин* : офіц. бюл. Київ : Алефа, 2003. Вип. 2, ч. 3. 241 с.
- Трибель С. О., Гетьман М. В., Стригун О. О., Ковалишина Г. М., Андрющенко А. В. Методологія оцінювання стійкості сортів пшениці проти шкідників і збудників хвороб. Київ : Колобіг. 2010. 392 с.

## REFERENCES:

- Becker, L. E., & Cubeta, M. A. (2024). The contribution of beneficial wheat seed fungal communities beyond disease-causing fungi: Advancing heritable mycobiome-based plant breeding. *Environmental Microbiology Reports*, 16(6), e70004. <https://doi.org/10.1111/1758-2229.70004> [in English]
- Bogach, M., Paliy, A., Bohach, D., Kovalenko, L., Selishcheva, N., & Ganova, L. (2024). Influence of weather conditions on contamination of grain fodder by micromycetes in the northwestern Black Sea region of Ukraine. *Mikrobiologichnyi Zhurnal*, 86(5), 75–86. <https://doi.org/10.15407/microbiolj86.05.075> [in English]
- Covarelli, L., Giordano, L., Beccari, G., Onofri, A., Sulyok, M., Balducci, E. (2025). Mycobiota and fungal secondary metabolites associated with wheat grains harvested in different cultivation areas of Western Australia. *Journal of Agriculture and Food Research*,

- 24, 102419. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.102419> [in English]
4. Daichi, M. B., Masiello, M., Haidukowski, M., De Girolamo, A., Moretti, A., Bencheikh, A. (2025). Assessing *Alternaria* species and related mycotoxin contamination in wheat in Algeria: A food safety risk. *Toxins*, 17(6), 309. <https://doi.org/10.3390/toxins17060309> [in English]
  5. Forsberg, G. (2004). *Control of cereal seed-borne diseases by hot humid air seed treatment* (Doctoral thesis). Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. [https://pub.epsilon.slu.se/516/1/Sammanfattning\\_slutkorrigerad.pdf](https://pub.epsilon.slu.se/516/1/Sammanfattning_slutkorrigerad.pdf) [in English]
  6. Gialluisi, K., Nicoletti, M. G., El Darra, N., Solfrizzo, M., & Gambacorta, L. (2025). Occurrence and levels of emerging *Alternaria* mycotoxins detected in spices and herbs marketed in Italy. *Toxins*, 17(11), 552. <https://doi.org/10.3390/toxins17110552> [in English]
  7. Golosna, L. (2021). Black point of winter wheat seeds. *Quarantine and Plant Protection*, (3), 13–17. <https://doi.org/10.36495/2312-0614.2021.3.13-17> [in English]
  8. Golosna, L., Chrpova, J., Palicova, J., Faltus, M., & Bobrova, O. (2026). Effects of black point on wheat seed mass and seedling growth. *Crops*, 6(1), 14. <https://doi.org/10.3390/crops6010014> [in English]
  9. Kochanova, M., Zounar, M., Prokinova, E., & Rysanek, K. (2004). Detection of *Tilletia caries* in wheat by PCR method. *Plant, Soil and Environment*, 50(2), 75–77. <https://doi.org/10.17221/3684-PSE> [in English]
  10. Shoemaker, R. A. (2006). Nomenclature of Drechslera and Bipolaris, grass parasites segregated from «Helminthosporium». *Canadian Journal of Plant Pathology*, 28(1), 212–220. <https://doi.org/10.1080/07060660609507377> [in English]
  11. Voloshchuk, I., Voloshchuk, O., Stasiv, O., Panakhyd, H., Hlyva, V., & Bilovus, H. (2023). Specific manifestations of enzymomycotic depletion of grain on crop losses. *Studia Biologica*, 17(4), 103–116. <https://doi.org/10.30970/sbi.1704.739> [in English]
  12. Adamenko, T. I. (2007). Stykhiini hidrometeorologichni yavyscha ta yikh vplyv na silske hospodarstvo Ukrainy [Extreme hydrometeorological phenomena and their impact on agriculture of Ukraine]. *Ahronom*, (4), p. 17. [in Ukrainian]
  13. Voloshchuk, O. P., Voloshchuk, I. S., Bilovus, H. Ya., Konyk, H. S., & Vorobiova, Yu. V. (2013). Enzymo-mikozne vysnazhennia zerna pshenytsi ozymoi v umovakh Zakhidnoho Lisostepu Ukrainy: monohrafiia [Enzymo-mycotic depletion of winter wheat grain in the Western Forest-Steppe of Ukraine: monograph]. Lviv, LIHA-Lviv, Ukraine. [in Ukrainian]
  14. Voloshchuk, O. P., Gavriyuk, M. M., Voloshchuk, I. S., & Hlyva, V. V. (2020). Sortovi osoblyvosti produktyvnosti y vtrat urozhaivnosti pshenytsi ozymoi zalezno vid vplyvu pohodnykh chynnykiv u Zakhidnomu Lisostepu [Variety peculiarities of winter wheat productivity and yield loss under the influence of weather factors in the western forest steppe]. *Plant Physiology and Genetics*, 52(4), 320–330. <https://doi.org/10.15407/frg2020.04.320> [in Ukrainian]
  15. Vorobiova, Yu. V. (2016). Osoblyvosti vtraty vrozhaiv pshenytsi ozymoi vid enzymo-mikoznoho vysnazhennia zerna zalezno vid hrupy styhlosti [Features of yield loss of winter wheat due to enzymo-mycotic grain depletion depending on maturity group]. *Peredhirna ta hirske zemlerobstvo i tvarynnystvo [Foothill and mountain agriculture and stockbreeding]*, (59), 45–53. [in Ukrainian]
  16. DSTU 3768:2014. (2014). *Pshenytsia. Tekhnichni umovy* [Wheat. Technical specifications]. Derzhstandart Ukrainy, Kyiv. [in Ukrainian]
  17. DSTU 4138:2002. (2003). *Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti* [Seeds of agricultural crops. Methods for quality determination]. Derzhspozhyvstandart Ukrainy, Kyiv. [in Ukrainian]
  18. Kyienko, Z. B., Prysiazniuk, L. M., Shovhun, O. O., Ivanytska, A. P., & Pavliuk, N. V. (2017). *Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini* (3rd ed.) [Methodology of qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine]. FOP Korzun D. Yu., Vinnytsia. <https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7e67fb8d4b9.pdf> [in Ukrainian]
  19. Kovalyshyn, A. B. (2010). Hrybni khvoroby zerna ozymoi pshenytsi ta biolohichne obgruntuvannia zakhodiv обмеження yikh rozvytku v pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Fungal diseases of winter wheat grain and biological substantiation of measures to limit their development in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine] (Candidate's thesis abstract). Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
  20. Kolomiets, L. A., Khomenko, S. O., Basanets, H. S., & Derhachov, O. L. (2010). Formuvannia pokaznykiv yakosti zerna pshenytsi ozymoi zalezno vid hidrotermichnykh umov u Lisostepu Ukrainy [Formation of quality indicators of winter wheat grain depending on hydrothermal conditions in the Forest-Steppe of Ukraine]. *Naukovo-tekhnicnyi biuleten MIP im. V. M. Remesla*, (10), 93–107. [in Ukrainian]
  21. *Metodyka provedennia ekspertyzy ta derzhavnoho vyprovuvannia sortiv roslyn zernovykh, krupianykh ta zernobobovykh kultur*. (2003). [Methodology of examination and state testing of cereal, groat and legume crop varieties]. Okhorona prav na sorty roslyn, (2, part 3), 241. Alefa, Kyiv. [in Ukrainian]
  22. Trybel, S. O., Hetman, M. V., Stryhun, O. O., Kovalyshyna, H. M., & Andriushchenko, A. V. (2010). Metodolohiia otsiniuvannia stiikosti sortiv pshenytsi proty shkidnykiv i zbudnykiv khvorob [Methodology for assessing resistance of wheat varieties to pests and pathogens]. Kolobih, Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]

**Придатко В.В., Ковалишина Г.М. Мікофлора насіння пшениці озимої та її вплив на показники якості зерна**

**Мета.** Метою дослідження було визначити видовий склад збудників ензімо-мікозного виснаження у матеріалі пшениці м'якої озимої та з'ясувати особливості їхнього прояву залежно від гідротермічних умов років досліджень, а також встановити зв'язок між рівнем грибного заселення та господарсько-цінними властивостями сформованого врожаю. Особливу увагу приділено виявленню найпоширеніших мікроміцетів, оцінюванню лабораторної схожості, порівнянню технологічних

параметрів у контрастні за вологозабезпеченням років та з'ясуванню кореляційної залежності між фітопатологічним станом зібраного матеріалу і його технологічними характеристиками.

**Методи.** Дослідження проводили упродовж 2023-2024 та 2024-2025 вегетаційних років у південній частині Чернігівської області, в межах Прилуцького району. У досліді використано 8 сортів: Носівочка, МІП Вишиванка, Вежа Миронівська, МІП Валенсія, Емерік, Мескаль, Юлія та Тобак. Для характеристики умов проходження фаз розвитку залучали гідротермічні дані сервісу Meteoblue. Фітопатологічну оцінку проводили біологічним методом у лабораторних умовах відповідно до загальноприйнятих методик і вимог ДСТУ 3768-04 та ДСТУ 4138-2002 з подальшою мікроскопічною ідентифікацією ізольованих культур. Визначали лабораторну схожість, частоту трапляння мікроміцетів, а також вологість, масу 1000 зерен, вміст клейковини, скловидність і вміст білка. Статистичну обробку результатів здійснювали у Microsoft Excel із розрахунком середнього арифметичного, стандартного відхилення, коефіцієнта варіації, коефіцієнтів кореляції та оцінюванням достовірності різниць за  $p < 0,05$ .

**Результати.** Встановлено, що у 2025 р. опади в період від колосіння до повної стиглості спостерігалися у кожній декаді травня-липня, тоді як у липні 2024 р. опадів не було. Саме вологіші умови 2025 р. сприяли розвитку чорноколосиці та активнішому грибному заселенню. Із досліджуваного матеріалу виділено та ідентифіковано: *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Fusarium avenaceum*, *Nigrospora oryzae*, *Penicillium expansum* та *Epicoccum nigrum*. Найбільшу частоту трапляння зафіксовано для *Alternaria alternata* – 46,6-58,6 %, з максимумом у сортів Юлія та Носівочка. Найвищу частоту трапляння *Fusarium avenaceum* встановлено у сорту Емерік – 12,0 %. Показано, що у 2025 р. за кращого вологозабезпечення маса 1000 зерен була вищою, ніж у 2024 р. (48,0 проти 46,8 г), однак інші технологічні властивості погіршилися: середній вміст клейковини зменшився з 20,6 до 16,7 %, скловидність – із 48,0 до 36,0 %, вміст білка – з 10,9 до 10,3 %. У результаті кореляційного аналізу встановлено, що насіннева грибна інфекція суттєво впливає на формування показників якості зерна пшениці м'якої озимої, зокрема розвиток *Alternaria alternata* характеризується дуже сильним позитивним зв'язком із вологістю та сильними оберненими зв'язками з клейковиною і скловидністю, тоді як інші патогени проявляють переважно помірний або слабкий вплив.

**Висновки.** Гідротермічні умови років дослідження істотно впливали як на інтенсивність розвитку комплексу мікроміцетів, так і на формування технологічних властивостей врожаю. Вологіші умови 2025 р. сприяли розвитку чорноколосиці, подовженню періоду досягання та активнішому заселенню матеріалу грибами, що супроводжувалося зниженням показників вмісту клейковини, білка і скловидності. Сухіші умови 2024 р. були сприятливішими для формування кращих технологічних параметрів, хоча маса 1000 зерен була нижчою. Отримані результати підтверджують доцільність комплексного оцінювання сортового складу з урахуванням погодних факторів, фітопатологічного стану та сили кореляційних зв'язків між ураженням збудниками хвороб і господарсько-цінними ознаками.

**Ключові слова:** ензимо-мікозне виснаження, чорноколосиця, мікроміцети, гідротермічний режим, *Alternaria alternata*, *Fusarium avenaceum*, кореляційний аналіз.

**Prydatko V.V., Kovalyshyna H.M. Mycoflora of Winter Wheat Seeds and Its Influence on Grain Quality Indicators**

**Purpose.** The purpose of the study was to determine the species composition of the causal agents involved in enzy-mo-mycotic depletion in bread winter wheat material and to clarify the features of their development under contrasting hydrothermal conditions, as well as to establish the relationship between fungal colonization and the main technological traits of the harvested produce. Particular attention was paid to the identification of the most common micromycetes, laboratory germination assessment, comparison of technological traits in years differing in moisture supply, and evaluation of the correlation between the phytopathological condition of the harvested material and its technological performance.

**Methods.** The research was carried out during the 2023–2024 and 2024–2025 growing seasons in the southern part of Chernihiv region, within Pryluky district. Eight cultivars were included in the experiment: Nosivochka, MIP Vyshyvanka, Vezha Myronivska, MIP Valensiia, Emerik, Meskal, Yuliia, and Tobak. Hydrothermal conditions during plant development and kernel formation were characterized using Meteoblue weather data. Phytopathological assessment was performed in laboratory conditions using a biological method according to generally accepted procedures and DSTU 4138-2002, followed by microscopic identification of the isolated cultures. Laboratory germination, frequency of fungal occurrence, moisture content, 1000-kernel weight, gluten content, vitreousness, and protein content were determined. Statistical processing was performed in Microsoft Excel with calculation of means, standard deviations, coefficients of variation, correlation coefficients, and significance testing at  $p < 0.05$ .

**Results.** It was established that in 2025 precipitation occurred in every ten-day period from heading to full ripeness, whereas no rainfall was recorded in July 2024. The wetter conditions of 2025 promoted the development of black ear symptoms and more intensive fungal colonization. The following fungi were isolated and identified from the studied material: *Alternaria alternata*, *Cladosporium herbarum*, *Fusarium avenaceum*, *Nigrospora oryzae*, *Penicillium expansum*, and *Epicoccum nigrum*. The highest frequency of occurrence was recorded for *Alternaria alternata* (46.6–58.6 %), with the highest values in Yuliia and Nosivochka. The highest incidence of *Fusarium avenaceum* was observed in Emerik (12.0 %). Under the more favorable moisture supply in 2025, 1000-kernel weight was higher than in 2024 (48.0 vs 46.8 g), but the major technological traits decreased: mean gluten content declined from 20.6 to 16.7 %, vitreousness from 48.0 to 36.0 %, and protein content from 10.9 to 10.3 %. As a result of the correlation analysis, it was established that seed-borne fungal infection significantly affects the formation of grain quality indicators in winter wheat, in particular, the development of *Alternaria alternata* is characterized by a very strong positive correlation with grain moisture and strong negative correlations with gluten content and vitreousness, whereas other pathogens exhibit predominantly moderate or weak effects.

**Conclusions.** The hydrothermal conditions of the studied years substantially affected both the intensity of micromycete development and the formation of technological traits. Wetter conditions in 2025 favored black ear development, prolonged maturation, and enhanced fungal colonization, which was accompanied by lower gluten, protein, and vitreousness values. Drier conditions in 2024 were more favorable for better technological performance, although 1000-kernel weight

was lower. The obtained results confirm the importance of integrated cultivar assessment that simultaneously considers weather conditions, phytopathological status, and the strength of correlations between fungal colonization and economically valuable traits.

**Key words:** enzymo-mycotic depletion, black ear, micromycetes, hydrothermal regime, *Alternaria alternata*, *Fusarium avenaceum*, correlation analysis.

Дата першого надходження статті до видання: 30.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

УДК 635.9:712(477.7)

DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.36.54>**ФОРМУВАННЯ КОЛЕКЦІЙ ДЕКОРАТИВНИХ ТА ДЕКОРАТИВНО-АРОМАТИЧНИХ РОСЛИН ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В ЗЕЛЕНОМУ БУДІВНИЦТВІ ПІВДЕННОГО РЕГІОНУ****СВИДЕНКО Л.В.** – кандидат біологічних наук*orcid.org/0000-0002-4043-9240*

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

**СВИРИДОВСЬКИЙ В.М.** – кандидат сільськогосподарських наук*orcid.org/0000-0001-9745-3804*

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

**СВИДЕНКО С.В.** – здобувач вищої освіти*orcid.org/0009-0004-8084-8825*

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

**КОТОВСЬКА Ю.С.** – асистент кафедри лісового та садово-паркового господарства*orcid.org/0000-0001-7935-209X*

Херсонський державний аграрно-економічний університет

**ГРАБОВЕЦЬКА О. А.** – кандидат біологічних наук*orcid.org/0000-0002-0010-3320*

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

**Постановка проблеми.** Херсонська область за природно-кліматичними умовами належить до зони Сухого Степу України [1]. Екологічні умови Степу Південного мало придатні для природного росту деревно-чагарникової рослинності. На території регіону майже немає природних лісів [2]. Озеленення населених пунктів, з їх специфічними природними умовами, висуває досить високі вимоги до асортименту рослин, що використовуються. Крім декоративності, вони повинні мати високу стійкість до несприятливих умов даного регіону.

Державне підприємство «Дослідне господарство «Новокаховське» Інституту рису (нині Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства), землі якого розміщені на околиці міста Нова Каховка, Херсонської області, знаходиться в окупації. Раніше цей мальовничий куточок Херсонських степів завжди приваблював багатьох журналістів, науковців як нашої країни так і зарубіжних країн, викладачів, студентів і простих людей своїми екзотичними колекціями [3].

У 1995 році в господарстві, яке було найпівнічнішим дослідним господарством Нікітського ботанічного саду – Національного наукового центру НААН України (м. Ялта), зроблено перші насадження декоративних дерев і кущів [4]. Згодом, в 1997 році, закладено науково дослідні ділянки лікарських та ефіроолійних рослин. На базі колекцій почали працювати наукові співробітники лабораторії мобілізації та збереження рослинних ресурсів Нікітського ботанічного саду – Національного наукового центру НААН (нині відділ малопоширених плодових, декоративних та ароматичних рослин Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства

НААН). З кожним роком колекції поповнювалися різноманітними видами, сортами і сортозразками найекзотичніших рослин із різних регіонів ближнього та дальнього зарубіжжя.

Загальновідомо, що колекції рослин, які збирають ботанічні сади, мають важливе наукове і практичне значення. Вони є резерватом генофонду рослинного світу, відображають його біорізноманітність і служать одночасно джерелом і вихідним матеріалом для відбору цінних форм і сортів, перспективних для селекції і безпосереднього використання у виробництві [5]. Оскільки більшість рослин-інтродуцентів мала південне походження, потрібна була селекційна робота по відборі перспективних видів та створенню нових зразків, стійких до кліматичних умов регіону. В подальшому, з початком повномастабного вторгнення, робота по інтродукції та вивченню декоративних та декоративно-ароматичних рослин продовжується в умовах Одеської і, частково, Черкаської областей.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В усьому світі велика увага приділяється озелененню та благоустрою міст. Зелені насадження справляють великий вплив на планувальну структуру міста та являються одним із найважливіших факторів у створенні найкращих екологічних, мікрокліматичних та санітарно-гігієнічних умов життя населення міст, у формуванні культурного ландшафту сучасного міста [6,7]. Зелені рослини поліпшують стан навколишнього середовища шляхом акумуляції пилу і токсичних газів, збагачують атмосферу корисними для людини фітонцидами та легкими іонами, пом'якшують мікроклімат, вловлюють звукові





та електромагнітні хвилі, а також радіоактивні забруднення [6,7].

Створено багатий асортимент рослин та розроблено агротехніку їх вирощування, знайдено необхідні прийоми озеленення, специфічні для міст [8,9]. При оцінюванні видів важливими критеріями є довговічність, стійкість до несприятливих умов довкілля, тривале збереження декоративності, невибагливість до умов вирощування та догляду, тощо [7,10].

Екологічна ситуація, яка склалася на півдні України диктує пошук видів рослин придатних для використання в озелененні. Завдяки невибагливості до вирощування декоративно-ароматичні рослини знайшли також широке застосування в озелененні. Вони мають не лише цілющі чи декоративні властивості, а й здатні значно покращувати стан навколишнього середовища. Розширення асортименту декоративних видів рослин придатних для використання в озелененні населених пунктів, які вирізняються посиленою екологічною та санітарно-гігієнічною функцією, набуває неабиякої актуальності на півдні України. До того ж вирощування багаторічних декоративно-ароматичних рослин має не тільки естетичне, але і велике економічне значення, оскільки вони швидко ростуть і розвиваються, досить стійкі до несприятливих умов зовнішнього середовища і забруднень[7].

**Метою** нашої роботи є підсумок багаторічних досліджень біологічних особливостей та господарсько-цінних ознак перспективних зразків із колекцій декоративних та декоративно-ароматичних рослин Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства.

**Матеріали та методика досліджень.** Узагальнення результатів роботи провели в Інституті кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, експериментальну частину – в Херсонській області на базі Державного підприємства «Дослідне господарство Новокаховське» ІКОСГ НААН з 1995 по 2022 рік, а також з 2022 по 2025 рік в Одеській області на базі ФОП «Мартієнко». Матеріалом для досліджень слугували наукові колекції декоративних та ароматичних рослин.

Природні умови, де проводились дослідження, сприяють вирощуванню колекційних насаджень. Дослідне господарство «Новокаховське» розташоване у першому, північному агрокліматичному районі Херсонської області, для якої в цілому характерний помірно-континентальний клімат з короткою весною, порівняно довгим спекотним і посушливим літом, м'якою з частими відлигами зимою. Середня тривалість періоду з плюсовими температурами становить 175-180 діб, вегетаційного – 215–225 діб. Весняні заморозки припиняються здебільшого у третій декаді квітня, але в окремі роки можуть траплятися аж до третьої декади травня. Середній строк початку осінніх заморозків – друга декада жовтня, поодинокі наприкінці вересня. [11]. Ґрунти експериментальних ділянок – чорноземи легкосуглинкові з потужністю гумусового шару 76 см та вмістом гумусу в орному шарі 1,33%. Дослідження продовжено в Одеській області в с. Окни Окнянського району. Територія району розташована в північній частині Причорноморської

низини. Ґрунти потужні середньогумусні чорноземи на лесових породах.

Всі дослідження проводилися згідно загальновідомих методик по інтродукції рослин, прийнятих в ботанічних садах [12,13,14], на колекційних насадженнях кураторами колекцій проводяться фенологічні спостереження, біометричні вимірювання, вивчаються вплив біо- та абіотичних чинників на ріст і розвиток кожної окремої рослини, а також господарсько-цінні ознаки перспективних видів рослин.

**Результати досліджень.** Колекція декоративних рослин представляє великий інтерес, оскільки озеленення в умовах сухого степу півдня України, в основному, здійснюється за рахунок інтродуцентів. У колекції декоративних рослин, яка знаходиться в ДП «ДГ «Новокаховське» ІКОСГ налічувалось 377 зразків декоративних дерев, кущів і ліан. Серед них хвойні, листопадні та гарно квітучі рослини, що розміщені на 5 ділянках. Колекція отримала статус об'єкту природно-заповідного фонду України місцевого значення. Проведена оцінка успішності інтродукції дерев, кущів і ліан, в т.ч. 60 вічнозелених і 88 листопадних видів. Зроблено оцінку їх зимостійкості, посухостійкості і тіньювтривалості [15].

Багаторічними дослідженнями встановлено, що перспективними в озелененні є вічнозелені хвойні рослини такі як *Cupressus arizonica* Greene., *Thuja occidentalis* L., *Juniperus sabina* L., *Juniperus chinensis* var. *sargentii*, *Juniperus horizontalis* Moench., *Juniperus virginiana* L., *Platycladus orientalis* (L.) Franco (рис. 1, а, б). Серед листяних дерев із колекції декоративних рослин в зеленому будівництві регіону перспективні такі види як *Catalpa bignonioides* Walter, *Cudrania tricuspidata* (Carr.) Bur., *Quercus austriaca* Willd.). Важливе місце мають вічнозелені та листопадні чагарники (*Berberis julianae* Schneid., *Buddleia davidii* Franch., *Buddleia alternifolia* Maxim., *Deutzia scabra* Thunb., *Buxus sempervirens* L.) і ліани (*Clematis fargesii* Franch., *Wisteria sinensis* (Sims.) Sweet., *Lonicera giralddii* Rehd., *Hedera colchica* C. Koch.).

В роки зі сприятливими погодними умовами у декоративних рослин відмічено самосів у таких видів як тису ягідного, тису головчастого, брусонечії паперової, церцісів канадського та європейського, каркасу західного, софори японської, кельрейтерії, пухирника, фісташки туполистої, ксантоцеросу горобинолистого, павловнії повстистої. Це свідчить про перспективність вирощування даних видів в умовах Степу Південного.

Проте, як виявилось, не всі інтродуценти стійкі до умов регіону. Понад 29 років науковцями ІКОСГ проводиться інтродукція теплолюбних декоративних рослин з більш південних регіонів та відбір зимостійких форм *Albizia julibrissin* Durazz., *Laurocerasus officinalis* M. Roem., *Cupressus arizonica* Greene, *Berberis julianae* Schneid., *Cudrania tricuspidata* (Carr.) Bur. і *Hibiscus syriacus* L. [2,4,15]. Ці види вирізняються високою декоративністю і становлять велику цінність для озеленення регіону. Прикладом тому є відібрана зимостійка форма *Laurocerasus officinalis* Roem., яка по зимостійкості перевершила 'Schipkaensis', що вважається найбільш зимостійкою. Так, в розсаднику господарства з масових



Рис. 1. Види декоративних рослин для озеленення в умовах Південного Степу: а – *Cupressus arizonica*; б – *Juniperus virginiana* «Grey Owl»; в – *Hibiscus syriacus* «Marina»; г – *Yucca filamentosa* зразок № 1-24; *Buddleja davidii* «Pink Delight»

посівів *Albizzia julibrissin* виділено зимостійкі форми, які, на відміну від інших форм, після холодної зими 2005/06 років ( $-26,7^{\circ}\text{C}$ ) цвіли і плодоносили. Серед них відібрано форми, які найбільш відрізняються за своїми біоморфологічними ознаками [16].

З 2022 року співробітниками інституту продовжено дослідження багаторічних насаджень декоративних дерев та кущів, інтродукованих в різні роки в умовах Одеської області. Проводиться селекційна робота по створенню нових сортів перспективних для використання в озелененні півдня України. З гібридного фонду юки вузьколистої відібрано перспективний зразок № 1-24, який характеризується підвищеною декоративністю за рахунок великої кількості вузьких листків, які не поникають, що робить кущ густо облистяним, а також

більшою кількістю квіток у суцвітті (рис. 1, г). Серед інтродукованих видів будлеї Давидової та гібіску сірійського відібрано перспективні зразки з підвищеними декоративними якостями. Зразок будлеї Давидової «Pink Delight» має насичено рожеве забарвлення суцвіття, розміри якого значно перевершують стандарт (25,0-35,0 см завдовжки та 10,0-13,0 см завширшки) (рис. 1, в). Відібраний зразок гібіску сірійського «Marina» має темно зелене забарвленням листка більших розмірів (4,8-5,0 см завдовжки та 3,5-4,0 см завширшки) та яскраво блакитне забарвленням квітки значно більших розмірів (12,0 см) та більшими розмірами плода (2,0 см) (рис. 1, д). Виділені зразки характеризуються рясним цвітінням та високою посухостійкістю.

Із зростанням урбанізації і збільшенням техногенного

середовища важливу роль відіграють декоративно-ароматичні рослини, оскільки в них поєднується фітонцидність і декоративність. Потрапивши на колекцію ароматичних рослин отримуєш приємне задоволення. Адже запах від ефірних олій, що виділяють рослини урівноважує нервову систему, допомагає зняти стрес, розслабитись, здолати розумову перевтому. Колекція ароматичних рослин представлена ефіроолійними та пряно-смаковими рослинами і налічує 160 зразків [3].

На базі колекції створено 17 сортів ароматичних рослин, з них 12 сортів в різні роки було занесено до Державного Реєстру сортів перспективних для вирощування в Україні. Вивчення фаз розвитку у інтродукованих ароматичних показало, що всі вони нормально проходять фази розвитку та дають повноцінне насіння (за виключенням *Artemisia balchanorum* Krasch. в окремі роки). У 2007 році створено перші сорти ароматичних рослин: сорт *Artemisia balchanorum* Каскад та *Artemisia taurica* Богатир, які мають високі господарсько-цінні показники вмісту ефірної олії, надзвичайно приємний аромат, посухостійкість та стійкі до вимокання в зимовий період.

Ті зразки колекції, які мають декоративні якості за рахунок тривалості цвітіння, габітусу куща, забарвлення і розмірів суцвіття та листків, приємний аромат і відносяться до декоративно-ароматичних рослин. Найбільш перспективними для озеленення відмічено зразки багаторічних видів рослин родини *Lamiaceae* із родів *Thymus* L., *Lavandula* L., *Satureja* L., *Monarda* L., *Hyssopus* L. та інші (рис. 2).

Із роду *Thymus* придатні до використання в озелененні такі зразки як *Thymus richardii* subsp. *nitidus* сорт Фантазія та *Thymus vulgaris* L. 'Ялос'. Ці низькорослі вічнозелені напівкущики компактною форми заввишки 40-45 см цвітуть у травні, але за рахунок свого габітусу, форми та забарвлення листків декоративні протягом усього року. Вони мають приємний пряний аромат та можуть вирощуватись на клумбах, рокаріях, і як горшечні культури.

В колекції налічується 26 зразків роду *Lavandula* L. Для потреб озеленення можна рекомендувати *Lavandula angustifolia* та її міжвидовий гібрид лавандин (*Lavandula hybrida* Rev.). В інституті створено сорти цих рослин, які в порівнянні з іншими зразками мають підвищені декоративні якості. Із створених сортів лаванди вузьколистої слід відмітити такі як Синева Надії, Лідія, Рожевий Фламінго. Рослини сорту Синева Надії (2020 рік створення) мають видовжене суцвіття темно фіолетового забарвлення, яке не вигорає на сонці та довго зберігає забарвлення при сушінні суцвіть для букетів.

Для рослин сорту Лідія (2020 рік створення) притаманна компактна форма куща, тривале цвітіння та надзвичайно приємний аромат. Рослини сорту Рожевий Фламінго відрізняються від інших зразків лаванди рожевим забарвленням квітки а також, в порівнянні з *Lavandula angustifolia* f. *rosea*, великим габітусом кущів.

Практично всі, створені в ІКОСГ, 4 сорти лавандину придатні для озеленення. Сорт Рабат (2008 рік створення) характеризується компактною формою куща та світло фіолетовим забарвленням квітки.

Сорт Етюд (2022 рік створення) має пізніший на декаду, в порівнянні з іншими сортами та зразками, термін цвітіння, який триває більше місяця. Ніжно біле забарвлення суцвіття притаманне лише сорту Іній (2019 рік створення). Його можна використовувати в композиції з іншими сортами. Найбільші за розміром суцвіття фіолетового забарвлення має сорт Антей (2022 рік створення).

Рослини вище описаних сортів лаванди вузьколистої та лавандину характеризуються високою морозо- та посухостійкістю, можуть використовуватися як в одиночних так і групових посадках. Вони добре переносять обрізку та мають приємний хвойно-квітковий аромат.

Із зразків *Satureja montana* L. найбільші декоративні якості, а також морозо- та посухостійкість має інтродукований в 2010 році сорт Кримський Смарагд та створений нами в 2022 році сорт Люната. Рослини сорту Люната характеризуються компактною формою куща 40-42 см заввишки, 60-70 см завширшки. За рахунок великих розмірів квіток даний сорт особливо декоративний під час масового цвітіння, яке триває більше місяця. Рослини сорту Кримський Смарагд мають більший габітус куща (55 см заввишки та 80 см завширшки) менш компактною форми. Обидва сорти чаберу гірського мають приємний бальзамічний запах і прикрасять будь-яку клумбу.

Серед багатьох видів ароматичних рослин, які мають підвищені декоративні якості, види роду *Monarda* L. є одними з найкращих для озеленення в умовах степової зони півдня України. До умов вирощування монарда не вибаглива. Вона може рости як на сонячних ділянках, так і в напівтіні. Під *Monarda* L. представлений в колекції 9 зразками. Перші зразки монарди інтродуковано нами в 2002 році, а перший сорт *Monarda fistulosa* L. Прем'єра створено в 2007 році. Найбільш декоративні властивості притаманні *Monarda fistulosa* L. сорту Фортуна, *Monarda didyma* L. сорту Cambridge Scarlet, та *Monarda* × *hybrida* сорту Тоня. Дані сорти стійкі до борошнистої роси, яка вражає рослини цього роду та мають яскраве забарвлення суцвіття. Науковцями та аспірантами інституту вивчення господарсько цінних показників видів роду *Monarda* L. проводиться також і в інших регіонах України, в тому числі в умовах Центрального Лісостепу (Черкаська область).

З насіннєвого покоління інтродукованого в 1997 році зразка *Hyssopus officinalis* L. № 108, відібрано форми, які відрізняються за кольором квітки, габітусом куща та біометричними показниками органів рослин. Серед них виділено 3 зразки з підвищеними декоративними якостями. Відібрані зразки гісопу лікарського характеризуються як морозо- та посухостійкі. При зрізі кущів у фазі кінця цвітіння рослини зацвітають повторно.

На базі колекцій декоративних та декоративно-ароматичних рослин написано та захищено 3 дисертаційні роботи. Розроблено 6 методичних рекомендацій по вирощуванню та практичному використанню рослин в різних галузях народного господарства, в тому числі і в зеленому будівництві південного регіону. Кураторами колекцій розробляються технології вирощування інтродуцентів та вивчаються ефективні способи розмноження.





а

б

в



г



д



ж



з



і

Рис. 2. Перспективні види декоративно-ароматичних рослин для потреб озеленення Степу Південного:  
а–в) – види роду *Monarda* L. (а – *M. didyma* сорт Cambridge Scarlet, б – *M. fistulosa* сорт Фортуна,  
в – *M. × hybrida* сорт Тоня); г–д) – *Lavandula hybrida* Rev. ( г – сорт Іній, д – сорт Рабат); ж – *Satureja montana*  
сорт Люната; з – *Thymus vulgaris* L. сорт Ялос; і – *Hyssopus officinalis* зразок 1-20.

**Висновки.** Таким чином, в результаті багаторічної науково-дослідної роботи в Інституті кліматично орієнтованого сільського господарства інтродуковано зразки та закладено колекції декоративних дерев, кущів та ліан, а також декоративно-ароматичних рослин. Вивчено біологічні особливості інтродуцентів. Відібрано перспективні види для використання в озелененні південного регіону. Створено нові сорти, які стійкі до несприятливих умов Степу Південного. Колекції декоративних та декоративно-ароматичних рослин являються основою для озеленення південного регіону. Першочерговим завданням науковців є розширення та збереження колекцій, які є цінними та унікальними.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Морозов О.В., Морозов В.В., Безніцька Н.В., Воротинцева Л.І., Біднина І.О. Особливості регіональних змін клімату в сухостеповій зоні України. *Управління водними ресурсами в умовах змін клімату* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої Всесвітньому дню води, (м. Київ, 21 березня 2017 р.) Київ, 2017. С. 191-193.
2. Дерев'янка Н.В., Кузнецов С.І. декоративні деревні рослини північного Причорномор'я: (сучасний стан та перспективи використання). *Вісті Біосферного заповідника "Асканія-Нова"*. 2012. Т. 14. С. 78-82.
3. Свиденко Л.В., Кременчук Р.І. Стан і перспективи колекцій нових малопоширених субтропічних плодів культур, декоративних, ароматичних і лікарських рослин на півдні України. *Генетичні ресурси рослин*. 2015. № 17. С. 75-86.
4. Дерев'янка В.М. Інтродукція нових плодів та декоративних культур в ДП ДГ «Новокаховське». *Досягнення та проблеми інтродукції рослин в степовій зоні України* : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. Херсон, 2007. С. 50-51.
5. Колекційний фонд енергетичних, ароматичних та інших корисних рослин НБС імені М.М. Гришка НАН України / Д.Б. Рахметов, С.М. Ковтун-Водяницька, О.А. Корабльова та ін. Київ: ФОП Паливода В.Д., 2020. 208 с
6. Рахметов Д.Б., Ковтун-Водяницька С.М. Фенологія трав'яних рослин за інтродукційних досліджень: посібник. Київ: Ліра-К, 2021. 74 с.
7. Верещагіна П.М. Декоративне садівництво та квітникарство. Курс лекцій. Миколаїв: Миколаївський національний аграрний університет, 2014. С. 43. URL: [https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2880/1/Vereshagina\\_P.DSK\\_KL.pdf](https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2880/1/Vereshagina_P.DSK_KL.pdf) (дата звернення: 13.03.2026).
8. Свиденко Л.В., Глущенко Л. А. Використання декоративно-ароматичних рослин в озелененні населених пунктів зони Південного Степу України: методичні рекомендації. Кіровоград: Кіровоградська ДСГДС НААН, 2015. 42 с.
9. Дем'янюк О.С., Тертична О.В., Кудряшова К.М., Пархоменко М.М., Бутурлим Д.А. Використання пряно-ароматичних культур у вертикальному озелененні. *Збалансоване природокористування*. 2022. № 2. С. 45-52. DOI: 10.33730/2310-4678.2.2022.261248
10. Свиденко Л.В., Глущенко Л.А., Йончева Т.Р., Brindza J. Представники роду *Thymus* L. в колекції ароматичних рослин Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства. *Лікарське рослинництво: від досвіду минулого до новітніх технологій* : матеріали Десятої Міжнародної науково-практичної конференції, (м. Полтава, 21–22 листопада 2022 р.). Полтава: РВВ ПДАА, 2022. С. 89-91.
11. Грабовецька О.А. Перспективи культури хурми (*Diospyros* L.) в умовах півдня України. *Генетичні ресурси рослин*. 2020. № 27. С. 44-54. DOI: 10.36814/pgr.2020.27.04
12. Кохно М.А., Кузнецов С.І. Методичні рекомендації щодо добору дерев та кущів для інтродукції в Україні. Київ: Фітосоціоцентр, 2005. 48 с.
13. Бойко Н.С. Голонасінні України. Рід тис (*Taxus* L.): інтродукція, біологоекологічні особливості, використання: монографія. Біла Церква: Вид. Пшонківський О.В., 2016. 132 с.
14. Рахметов Д. Б. Інтродукція нових корисних рослин в Україні: монографія. Київ: Ліра-К, 2020. 338 с.
15. Дерев'янка Н.В. Декоративні деревні рослини у Північному Причорномор'ї (інтродукція, біоекологічні особливості, використання) : автореф. дис.....канд. біол. наук : 03.00.05. Київ, 2011. 21 с.
16. Дерев'янка Н.В. Інтродукція *Albizia julibrissin* Durazz. в південному Степу України та перспективи її використання в озелененні. *IV відкритий з'їзд фітобіологів Причорномор'я* : збірник тез доповідей, (м. Херсон, 19 січня 2012 р.). Херсон: Айлант, 2012. С. 76.

#### REFERENCES:

1. Morozov, O.V., Morozov, V.V., Beznitska, N.V., Vorotyntseva, L.I., & Bidnina, I.O. (2017). Osoblyvosti rehionalnykh zmin klimatu v suchostepovii zoni Ukrainy [Features of regional climate changes in the dry-steppe zone of Ukraine]. *Upravlinnia vodnymy resursamy v umovakh zmin klimatu: materialy Mizhnarodnoi nauko-vo-praktychnoi konferentsii*, (pp. 191-193). Kyiv [in Ukrainian].
2. Derevianko, N.V., & Kuznietsov, S.I. (2012). Dekorativni derevni roslyny pivnichnoho Prychornomoria: (suchasnyi stan ta perspektyvy vykorystannia) [Ornamental woody plants of the Northern Black Sea region: (current state and prospects of use)]. *Visti Biosferного zapovidnyka "Askaniia-Nova"*, 14, 78-82 [in Ukrainian].
3. Svydenko, L.V., & Kremenichuk, R.I. (2015). Stan i perspektyvy kolektsii novykh maloposhyrenykh subtropichnykh plodovykh kultur, dekorativnykh, aromatychnykh i likarskykh roslin na pivdni Ukrainy [State and prospects of collections of new low-spread subtropical fruit crops, ornamental, aromatic and medicinal plants in the south of Ukraine]. *Henetychni resursy roslin*, 17, 75-86 [in Ukrainian].
4. Derevianko, V.M. (2007). Introduktsiia novykh plodovykh ta dekorativnykh kultur v DP DH «Novokakhovske» [Introduction of new fruit and ornamental crops in the State Enterprise "Novokakhovske"]. *Dosiadnennia ta problemy introduktsii roslin v stepovii zoni Ukrainy: materialy mizhnar. nauk.-prakt. konf.* (pp. 50-51). Kherson [in Ukrainian].
5. Rakhmetov, D.B., Kovtun-Vodianska, S.M., Korabliova, O.A. et al. (2020). Kolektsiinyi fond enerhetychnykh, aromatychnykh ta inshykh korysnykh roslin NBS imeni M.M. Gryshko NAN Ukrainy [Collection fund of energy, aromatic and other useful plants of the M.M. Gryshko National Botanical Garden of the NAS of

- Ukraine]. Kyiv: FOP Palyvoda V.D., 208 [in Ukrainian].
6. Rakhmetov, D.B., & Kovtun-Vodianska, S.M. (2021). *Fenolohiia travianykh roslyn za introduktsiinykh doslidzhen [Phenology of herbaceous plants in introduction studies]*. Kyiv: Lira-K, 74 [in Ukrainian].
  7. Vereshchahina, P.M. (2014). *Dekoratyvne sadivnytstvo ta kvitnykarstvo. [Decorative gardening and floriculture. Course of lectures]*. Mykolaiv: Mykolaiv National Agrarian University. URL: [https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2880/1/Vereshagina\\_P.DSK\\_KL.pdf](https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2880/1/Vereshagina_P.DSK_KL.pdf) [in Ukrainian].
  8. Svydenko, L.V., & Hlushchenko, L.A. (2015). *Vykorystannia dekoratyvno-aromatychnykh roslyn v ozelenenni naselenykh punktiv zony Pivdennoho Stepu Ukrainy [The use of decorative and aromatic plants in the landscaping of settlements in the Southern Steppe zone of Ukraine]*. Kirovohrad: Kirovohradska DSGD NAAS, 42 [in Ukrainian].
  9. Demianiuk, O.S., Tertychna, O.V., Kudriashova, K.M., Parkhomenko, M.M., & Buturlym, D.A. (2022). *Vykorystannia priano-aromatychnykh kultur u vertikalnomu ozelenenni [Use of spicy-aromatic crops in vertical greening]*. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*, 2, 45-52. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2022.261248> [in Ukrainian].
  10. Svydenko, L.V., Hlushchenko, L.A., Yoncheva, T.R., & Brindza, J. (2022). *Predstavnyky rodu Thymus L. v kolektsii aromatychnykh roslyn Instytutu klimatichno oriantovanoho silskoho hospodarstva [Representatives of the genus Thymus L. in the collection of aromatic plants of the Institute of Climate Smart Agriculture]*. *Likarske roslynnytstvo: vid dosvidu mynuloho do novykh tekhnolohii: materialy Desiatoi Mizhnarodnoi nauko-ovo-praktychnoi konferentsii*, (pp. 89-91). Poltava: RVV PDAA [in Ukrainian].
  11. Hrabovetska, O.A. (2020). *Perspektyvy kultury khurmy (Diospyros L.) v umovakh pivdnia Ukrainy [Perspectives of persimmon (Diospyros L.) culture in the conditions of southern Ukraine]*. *Henetychni resursy Roslyn*, 27, 44-54. <https://doi.org/10.36814/pgr.2020.27.04> [in Ukrainian].
  12. Kokhno, M.A., & Kuznetsov, S.I. (2005). *Metodychni rekomendatsii shchodo doboru derev ta kushchiv dlia introduktsii v Ukraini [Methodological recommendations for the selection of trees and shrubs for introduction in Ukraine]*. Kyiv: Fitosotsiotsentr, 48 [in Ukrainian].
  13. Boiko, N.S. (2016). *Holonasinni Ukrainy. Rid tys (Taxus L.): introduktsiia, biolohicheskii osoblyvosti, vykorystannia [Gymnosperms of Ukraine. Genus Yew (Taxus L.): introduction, biological and ecological features, use]*. Bila Tserkva: Vyd. Pshonkivskiy O.V., 132 [in Ukrainian].
  14. Rakhmetov, D.B. (2020). *Introduktsiia novykh korysnykh roslyn v Ukraini [Introduction of new useful plants in Ukraine]*. Kyiv: Lira-K, 338 [in Ukrainian].
  15. Derevianko, N.V. (2011). *Dekoratyvni derevni roslyny u Pivnichnomu Prychornomor' (introduktsiia, bioekologichni osoblyvosti, vykorystannia) [Ornamental woody plants in the Northern Black Sea region (introduction, bioecological features, use)]*. *Extended abstract of candidate's thesis*, Kyiv [in Ukrainian].
  16. Derevianko, N.V. (2012). *Introduktsiia Albizzia julibrissin Durazz. v pivdennomu Stepu Ukrainy ta perspektyvy yii vykorystannia v ozelenenni [Introduction of Albizzia julibrissin Durazz. in the southern Steppe of Ukraine and prospects for its use in landscaping]*. *IV vidkrytyi zizd fitobiolohiv Prychornomori: zbirnyk tez dopovidei*, (p. 76). Kherson: Ailant [in Ukrainian].
- Свиденко Л.В., Свиридовський В.М., Свиденко С.В., Котовська Ю.С., Грабовецька О.А. Формування колекцій декоративних та декоративно-ароматичних рослин для використання в зеленому будівництві південного регіону**
- Метою** роботи є підсумок багаторічних досліджень біологічних особливостей та господарсько-цінних ознак перспективних зразків із колекцій декоративних та декоративно-ароматичних рослин Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН.
- Методи.** Експериментальну частину роботи проведено в Херсонській області на базі Державного підприємства «Дослідне господарство «Новокаховське» з 1995 по 2022 рік, а також з 2022 по 2025 рік в Одеській області на базі ФОП «Мартієнко». Матеріалом для досліджень слугували наукові колекції декоративних та ароматичних рослин.
- Результати досліджень.** В роботі висвітлено результати багаторічної роботи зі створення унікальних колекцій декоративних та декоративно-ароматичних рослин Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства. Початок роботи датується 1995 роком, коли на базі ДП «Дослідне господарство «Новокаховське» закладено насадження декоративних дерев, кущів, ліан, а також науково дослідні ділянки ефіроолійних та лікарських рослин. Протягом 29 років проводилася інтродукція нових декоративних видів рослин з високими декоративними якостями, оцінювалася перспективність цих рослин в умовах Південного Степу. Основним джерелом інтродукції видів був Нікітський ботанічний сад, а також ботанічні сади України та зарубіжжя. Із колекції декоративних дерев відібрано перспективні для озеленення такі види як *Catalpa bignonioides* Walter, *Cudrania tricuspidata* (Carr.) Bur., *Quercus austriaca* Willd.). Важливе місце мають вічнозелені та листопадні чагарники (*Berberis julianae* Schneid., *Buddleia davidii* Franch., *Buddleia alternifolia* Maxim., *Deutzia scabra* Thunb., *Buxus sempervirens* L.) і ліани (*Clematis fargesii* Franch., *Wisteria sinensis* (Sims.) Sweet., *Lonicera giraldui* Rehd., *Hedera colchica* C. Koch.). Створено форми, стійкіші до несприятливих умов південного Степу *Laurocerasus officinalis* та *Albizzia julibrissin*. Розроблено технології їх розмноження та вирощування. Вивчаючи основні господарсько цінні ознаки ефіроолійних рослин проведено відбір зразків з підвищеними декоративними якостями. Відмічено перспективні види родини *Lamiaceae* із родів *Thymus* L., *Lavandula* L., *Satureja* L., *Monarda* L. На базі колекції ароматичних рослин створено 16 сортів, з яких 12 занесено до Державного реєстру сортів рослин придатних до поширення в Україні. Роботу по вивченню біологічних особливостей та господарсько цінних ознак декоративних та декоративно ароматичних рослин з метою відбору зразків та залучення для використання в зеленому будівництві південного регіону продовжено в умовах Одеської області.
- Висновки.** Таким чином, результатами пошукових науково-дослідних робіт в Інституті кліматично орієнтованого сільського господарства НААН створено унікальні колекції декоративних та декоративно-ароматичних рослин. Рослини-інтродуценти, відібрані перспективні зразки та створені сорти, які стійкі

до несприятливих умов південного Степу є основою для озеленення південного регіону. Першочерговим завданням науковців є розширення та збереження колекцій, які є цінними та унікальними.

**Ключові слова:** декоративні рослини, декоративно-ароматичні, сорт, озеленення.

**Svydenko L.V., Svyrydovskyi V.M., Svydenko S.V., Kotovska Yu.S., Hrabovetska O.A.**  
**Formation of collections of ornamental and decorative aromatic plants for use in green construction of the southern region**

**Purpose.** The purpose of the work is to summarize many years of research into the biological characteristics and economically valuable characteristics of promising specimens from the collections of ornamental and ornamental aromatic plants of the Institute of Climate-Smart Agriculture of the NAAS. **Methods.** The experimental part of the work was carried out in the Kherson region on the basis of the State Enterprise "Research Farm Novokakhovske" from 1995 to 2022, as well as from 2022 to 2024 in the Odessa region on the basis of the FOP "Martienko". The material for the research was scientific collections of ornamental and aromatic plants. **Results.** The work highlights the results of many years of work on creating unique collections of ornamental and ornamental aromatic plants of the Institute of Climate-Smart Agriculture of the NAAS. The work began in 1995, when plantings of ornamental trees, shrubs, vines, as well as scientific research plots of essential oil and medicinal plants were established on the basis of the State Enterprise "Research Farm "Novokakhovske". For 29 years, the introduction of new ornamental plants with high decorative qualities was carried out, the prospects of these plants in the conditions of the Southern Steppe were assessed. The main source of species introduction was the Nikitsky Botanical Garden, as well as botanical gardens

of Ukraine and abroad. From the collection of ornamental trees, promising tree species for landscaping were selected, such as *Catalpa bignonioides* Walter, *Cudrania tricuspidata* (Carr.) Bur., *Quercus austriaca* Willd.). An important place is occupied by evergreen and deciduous shrubs (*Berberis julianae* Schneid., *Buddleia davidii* Franch., *Buddleia alternifolia* Maxim., *Deutzia scabra* Thunb., *Buxus sempervirens* L.) and lianas (*Clematis fargesii* Franch., *Wisteria sinensis* (Sims.) Sweet., *Lonicera giraldui* Rehd., *Hedera colchica* C. Koch.). Forms more resistant to adverse conditions of the southern Steppe *Laurocerasus officinalis* and *Albizzia julibrissin* have been created. Technologies for their propagation and cultivation have been developed. Studying the main economically valuable features of essential oil plants, a selection of samples with increased decorative qualities was carried out. Promising species of the Lamiaceae family from the genera *Thymus* L., *Lavandula* L., *Satureja* L., *Monarda* L. have been noted. Based on the collection of aromatic plants, 16 varieties have been created, of which 12 are included in the State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine. Work on studying the biological features and economically valuable characteristics of ornamental and ornamental aromatic plants with the aim of selecting samples and attracting them for use in green construction in the southern region has been continued in the Odessa region. **Conclusions.** Thus, as a result of the research work carried out at the Institute of Climate-Smart Agriculture of the NAAS, unique collections of ornamental and ornamental aromatic plants have been created. Introduced plants, selected promising specimens and created varieties that are resistant to adverse conditions of the southern Steppe are the basis for landscaping the southern region. The primary task of scientists is to expand and preserve collections that are valuable and unique.

**Key words:** ornamental plants, ornamental-aromatic, variety, landscaping.

Дата першого надходження статті до видання: 16.04.2026  
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026  
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026



## ОЦІНКА ГОСПОДАРСЬКО-ЦІННИХ ТА МОРФОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКА ОДНОРІЧНОГО (*HELIANTHUS ANNUUS L.*) ВИСОКООЛЕЇНОВОГО НАПРЯМУ ВИКОРИСТАННЯ ВНЕСЕНИХ ДО ДЕРЖАВНОГО РЕЄСТРУ СОРТІВ, ПРИДАТНИХ ДЛЯ ПОШИРЕННЯ В УКРАЇНІ

**СМУЛЬСЬКА І.В.** – науковий співробітник

[orcid.org/0000-0001-9675-0620](https://orcid.org/0000-0001-9675-0620)

Український інститут експертизи сортів рослин

**НОСУЛЯ А.М.** – старший науковий співробітник

[orcid.org/0000-0002-2026-6733](https://orcid.org/0000-0002-2026-6733)

Український інститут експертизи сортів рослин

**ГРИНІВ С.М.** – кандидат сільськогосподарських наук

[orcid.org/0000-0002-2044-4528](https://orcid.org/0000-0002-2044-4528)

Український інститут експертизи сортів рослин

**МИХАЙЛИК С.М.** – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

[orcid.org/0000-0001-9981-0545](https://orcid.org/0000-0001-9981-0545)

Український інститут експертизи сортів рослин

**Постановка проблеми.** Соняшник є третьою за обсягом виробництва олійною культурою у світі, четвертою за обсягом виробництва рослинної олії та третім за обсягом виробництва олійного шроту серед джерел білкових кормів [1]. Соняшник, також, займає лідируючі позиції у структурі посівів в Україні. Цю традиційну для південних і східних областей культуру, все частіше починають вирощувати практично у всіх регіонах нашої країни. Що пояснюється змінами клімату, зокрема, посиленням його посушливості. Адже, у порівнянні з іншими культурами, соняшник є більш стійким щодо нестачі вологи в ґрунті [2, 3]. Протягом останніх двадцяти років соняшник є однією з найбільш прибуткових культур для українських аграріїв. Тож не дивно, що посівні площі під соняшником майже безперервно зростали, так починаючи з 2008 по 2021 р. вони збільшилися на понад 30 % і у сезоні 2021 р. сягнули рекордних для України 6,6 млн га. [4, 5].

Розпочата росією повномасштабна війна постійно вносить зміни в аграрний сектор України. Зокрема, це вплинуло на структуру та площі посівів. Окупація півдня та сходу України, бойові дії призвели до зменшення площ засіяних соняшником, традиційної культури саме для цих областей. Однак, площі під посівами найпоширенішої олійної культури України залишаються великими і займають близько 5 млн га. За даними Міністерства аграрної політики та продовольства України у 2022 р. соняшником було засіяно 4,7 млн га, а зібраний урожай становив 11 млн т. У 2023 р. соняшник було висіяно на площі 5,3 млн га та зібрано 13 млн т насіння. Станом на 2025 рік в Україні соняшником засіяно понад 4,7–4,9 млн га на підконтрольних територіях. Найбільші площі посівів зосереджено в Дніпропетровській (805,4–867 тис. га), Кіровоградській (661–691 тис. га) та Полтавській областях (понад 313 тис. га). Середня

врожайність соняшника у 2025 році становить 1,83 т/га, що суттєво нижче потенційних показників.

Основні виробничі регіони – Дніпропетровська, Кіровоградська, Миколаївська, Одеська та Харківська області – сильно постраждали від тривалої літньої посухи, урожайність там коливається в межах 0,5–1,6 т/га. У центральних і північних областях – Вінницькій, Полтавській, Черкаській та Чернігівській – показники вищі, однак дощі наприкінці вересня та жовтні частково спричинили втрати врожаю [6].

До 2022 р. Україна забезпечувала понад 50 % світового експорту соняшника, на сьогодні його частка дещо знизилася і становить до 40 %. Однак, попри усі виклики сьогодення, Україна продовжує займати лідируючі позиції на міжнародному ринку соняшника, особливо в експорті соняшникової олії. Тож соняшник є однією з основних бюджетоутворюючих культур для України, попит на яку, залишається постійно високим [6, 7]. Цьому сприяє й зростаючий у світі попит на продукти здорового харчування, до яких належить соняшникова олія, яка відзначається високими дієтичними властивостями, адже як продукт рослинного походження, не містить холестерину. Крім того олія, багата на мононенасичені жирні та поліненасичені жирні кислоти, які профілактично впливають на зниження захворювань серця, судин, печінки, онкологічних та інших хвороб [8, 9].

Саме високоолеїнові гібриди соняшника, останніми роками набувають у світі все більшої популярності [10]. Високий вміст олеїнової кислоти перетворює соняшкову олію на аналог оливкової, надає їй більшої протіокислювальної та термічної стабільності. Це збільшує термін її зберігання і знижує утворення транс-жирів за нагрівання до високих температур, наприклад під час смаження, тому високоолеїнова олія високо цінується в кулінарії. Високоолеїнова олія є природно стабільною





і не потребує гідрогенізації [11, 12]. Тож, у світі дедалі зростає попит на сорти та гібриди соняшника з високим вмістом олії в насінні. І на думку експертів, його ринок має великий потенціал для українських аграріїв. А збільшити прибутковість вирощування соняшника можна за рахунок вирощування нових високоврожайних гібридів [10].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Одним із перспективних напрямів є вирощування високоолеїнового соняшника. У світі високоолеїновий соняшник є затребуваною культурою. Країни Європейського Союзу (особливо Франція та Іспанія), Аргентина, США та деякі інші активно вирощують цю культуру для потреб харчової та технічної промисловості [13]. Популяризація здорового харчування та потреба світової олієвиробної промисловості в нових видах олії сприяє розвитку та збільшенню частки виробництва високоолеїнової соняшникової олії. Що підтверджується рядом робіт, як зарубіжних так і вітчизняних науковців таких, як М. Duru; Y. Zhou із співавторами, А. В. Очеретна, Н. Е. Фролова; B. S. Adeleke & O. O. Babalola [8, 9, 11, 12]. Дослідження яких були направлені на вивчення жирно-кислотного складу олії з високоолеїнових сортів соняшника, та можливості її використання для виробництва харчових продуктів функціонального призначення. Сортимент соняшника за вмістом олеїнової кислоти можна розділити на дві основні групи: звичайний соняшник (15–50 % олеїнової кислоти) і високоолеїновий соняшник (понад 80 % олеїнової кислоти) на думку С. Alberio із співавторами [14].

Головним експортним напрямом для олії з високоолеїнового соняшника є ринок Європейського Союзу, обсяги якого становлять приблизно 1 млн тон. Збільшує споживання високоолеїнової соняшникової олії, також, і азійський регіон, зокрема, Китай, Індія та Близький Схід. В останні роки частка високоолеїнового соняшника постійно зростає і становить близько 10 % від усього виробництва соняшника у світі. Світові тенденції вказують на ширші перспективи розвитку цього напрямку і в Україні [15, 16]. Про що свідчить і динаміка вирощування високоолеїного соняшника у нас в країні. Так, з 2010 р. площі під ним в Україні збільшилися в 15 разів, а виробництво олії – майже у 20. Свого максимуму посіви під даним сегментом сягнули 2020 р. – близько 800 тис. га. Нині Україна входить до трійки лідерів з виробництва високоолеїнового соняшника у світі, поступаючись лише Франції. [13].

Розвиток високоолеїнового напрямку є економічно вигідним для українських аграріїв, адже агротехніка вирощування практично не відрізняється від звичайного соняшника, а величина чистого прибутку перевищує класичні гібриди за рахунок відповідної премії, яку готові сплачувати зернотрейдери [10].

Перспективність розвитку високоолеїнового сегменту активно вивчається науковцями. Так, питання продуктивності високоолеїнових гібридів соняшника вітчизняної селекції Кадет, Гектор та Оплот за вирощування в умовах Південного Степу України вивчали Т. Качанова та Т. Манушкіна із співавторами [17]. Отримані результати дали змогу удосконалити

технологію вирощування високоолеїнового соняшника за умов недостатнього зволоження.

Дослідженням урожайності та якості насіння високоолеїнового гібрида соняшника НК Конді за різних технологій вирощування в умовах Полісся присвячена робота Г. Д. Матусевич із співавторами [18]. За результатами досліджень встановлено, що високу врожайність та якість соняшника можливо отримати за інтенсивних технологій вирощування, які включають застосування хімічних засобів захисту рослин, добрив та стимуляторів росту рослин.

Про результати кваліфікаційної експертизи 10 нових високоолеїнових сортів соняшника однорічного на придатність до поширення в Україні, викладено у науковій роботі О. В. Топчій, І. В. Смульська із співавторами [19]. Згідно з результатами випробування на сортову придатність, усі досліджувані сорти рекомендовані для вирощування в зонах Степу та Лісостепу України.

Про зростаючий попит та перспективи вирощування високоолеїнового соняшника свідчить і його сортимент у Державному реєстрі рослин, придатних для поширення в Україні (далі – Реєстр сортів). Так, станом на лютий 2026 р. Реєстр сортів нараховував 670 гібридів соняшника: з них іноземної селекції – 491 гібрид або 73,3 % та вітчизняної – 179 гібриди або 26,7 %. До високоолеїнової групи належать 63 гібриди. За групами стиглості – невелика їх частка припадає на ультраньостиглі – 2 гібриди або 3,2%, найбільше – ранньостиглі – 25 або 39,7%, середньоранньостиглі – 20 або 31,7%, середньостиглі – 16 або 25,4% [20].

Стабільне зростання впродовж останнього десятиліття, зокрема, за останні п'ять років демонструє і динаміка поповнення Реєстру сортів високоолеїновими гібридами соняшника [21] (рис 1).

Аналіз структури Реєстру сортів показав, що сортимент соняшника однорічного високоолеїнового напрямку використання складає 63 гібриди, що становить 9,4 % від загальної кількості гібридів соняшника у Реєстрі сортів. Сортова політика ВОЛ соняшника базується більше на іноземному асортименті – 49 гібридів іноземної селекції (77,7 %) та 14 гібридів вітчизняної селекції (22,3 %). У 2010 р. до Реєстру сортів внесено один гібрид ВОЛ соняшника. У 2014, 2015, 2016 та 2018 рр. Реєстр сортів поповнювався по два гібриди щорічно. У 2017, 2019 і 2020 рр. Реєстр сортів поповнили шістьнадцять (три, сім та шість гібридів ВОЛ соняшника відповідно). Найбільше ВОЛ гібридів соняшника до Реєстру сортів внесено у 2021 р., з яких всі чотирнадцять гібридів – іноземної селекції. У 2022 р. внесено одинадцять, а у 2023 р. – сім, 2024 – один гібрид та у 2025 – п'ять ВОЛ гібридів соняшника (рис 1). Цей процес відображає як високий внутрішній попит на високоякісну олію, так і експортні перспективи України на світовому ринку [20].

**Постановка завдання.** Метою роботи було здійснити комплексне дослідження нових високоолеїнових гібридів соняшника, які внесені до Реєстру сортів у 2025 році: 'IR Lehat', 'AM KLP 25', 'AM PRESTYZh', 'IR Polysk', 'P64HE233', за основними господарсько-цінними показниками: врожайністю, олійністю, вмістом олеїнової кислоти та білка сім'янок.

**Матеріали і методи дослідження:** Використовували польовий, лабораторний, математично-статистичний методи досліджень.

Кваліфікаційну експертизу гібридів соняшника однорічного високоолеїнового напрямку використання здійснювали в пунктах досліджень Українського інституту експертизи сортів рослин в межах ґрунтово-кліматичних зон: Степ (Дніпропетровська, Кіровоградська, Одеська філії, Кілійський відділ польових Полтавської філіїдосліджень Одеської філії), Лісостеп (Вінницька, Сумська, Черкаська філії, Карлівський відділ польових досліджень). Достовірність результатів з експертизи сортів рослин забезпечували проведення досліджень у щонайменше трьох пунктах дослідження в межах однієї ґрунтово-кліматичної зони. Проведення досліджень на придатність сорту для поширення (ПСП) здійснювали відповідно до «Методики проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні (Загальна частина)» [21] та «Методики проведення експертизи сортів рослин групи технічних та кормових на придатність до поширення в Україні» [22]. Морфологічний опис гібридів соняшника однорічного (ВОС) здійснювали відповідно до «Методика визначення відповідності сортів соняшнику однорічного критеріям відмінності, однорідності та стабільності» [23].

Ґрунти дослідних ділянок характерні для відповідної зони вирощування (Степ, Лісостеп). Схема дослідів передбачала вивчення біологічних особливостей та продуктивності гібридів соняшнику однорічного. Агротехнічні операції були загальноприйнятими для кожної ґрунтово-кліматичної зони України та спрямовані на створення оптимальних умов вирощування.

Визначення вмісту високоолеїнової кислоти в насінні гібридів соняшника однорічного

здійснювали в лабораторії показників якості сортів рослин Українського інституту експертизи сортів рослин за «Методикою проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення. Методи визначення показників якості продукції рослинництва» [24].

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Науково-технічна кваліфікаційна експертиза сортів рослин триває, як правило, впродовж двох, за необхідності трьох років. Показник врожайності заявленого гібриду порівнюють з усередненим показником урожайності сортів рослин, що пройшли державну реєстрацію за попередніх п'ять років, величина якого є умовним стандартом, що розраховується щороку для різних ґрунтово-кліматичних зон України та блоків дослідження за групами стиглості [23, 24].

В період 2010–2015 рр. обсяги реєстрації гібридів соняшника однорічного високоолеїнового напрямку використання, які внесені до Реєстру сортів були мінімальним. Загальна кількість зареєстрованих гібридів коливалася від одного до двох, які були іноземної селекції. З 2011–2013 рр. реєстрація гібридів тимчасово була відсутня. Період 2016–2020 рр. характеризувався збільшенням надходження до Реєстру сортів нових гібридів ВОЛ соняшника – від двох до семи на рік. Кількість вітчизняних гібридів становила – два, іноземних – від двох до семи на рік. Починаючи з 2021 р., обсяги зареєстрованих гібридів починають суттєво збільшуватись. Так, у 2021 р. зареєстровано найбільшу кількість – 14 гібридів – іноземної селекції. У період 2022 – 2025 рр. щорічна кількість зареєстрованих гібридів була у межах від одного до одинадцяти. Найменша їх кількість відмічена у 2024 р. – один гібрид іноземної селекції. У 2022, 2023 роки спостерігається відновлення активності

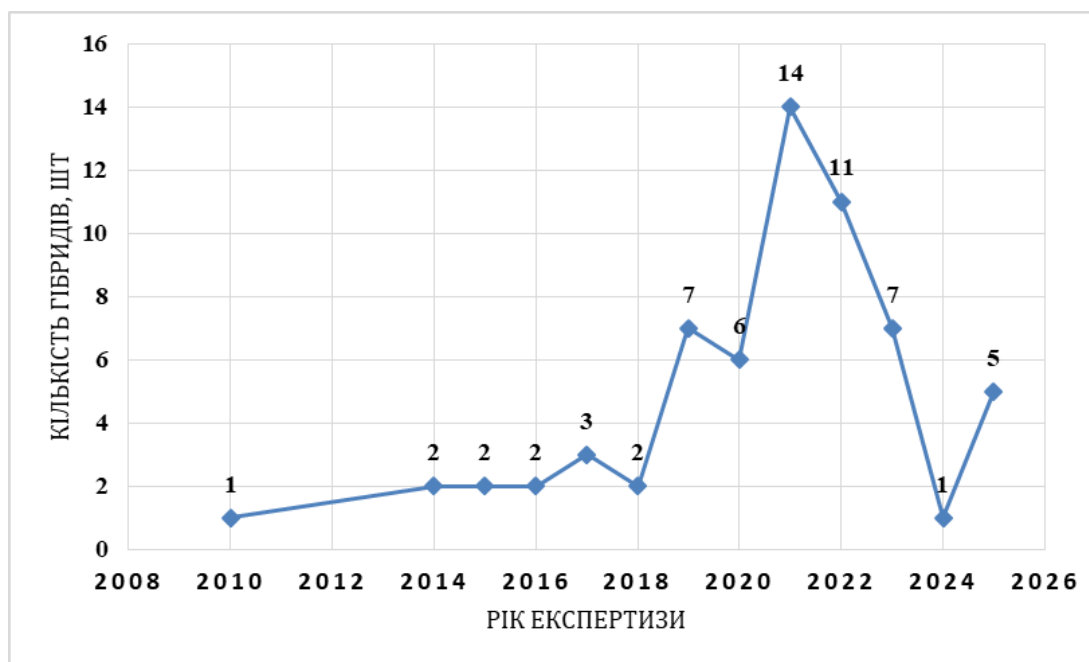


**Рис. 1.** Динаміка поповнення Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні гібридами ВОЛ соняшника (2010–2025 рр.)

надходження вітчизняних гібридів ВОЛ соняшника до Реєстру сортів, їх кількість становить по три гібриди щорічно. Найбільша кількість гібридів вітчизняної селекції зареєстровано у 2025 році – п'ять гібридів (рис 2).

Таким чином, упродовж 2021–2025 рр. спостерігається тенденція до зростання кількості зареєстрованих гібридів ВОЛ соняшника, з перевагою іноземної селекції.

Домінування іноземної селекції, свідчить про високу конкуренцію на внутрішньому ринку насіння та значну інтеграцію України у міжнародний селекційний простір. Водночас позитивна динаміка в окремі роки підтверджує потенціал національної селекційної школи до адаптації та розвитку навіть в умовах нестабільності.

За 2025 рік Реєстр сортів поповнився п'ятьма новими гібридами соняшника однорічного висоолеїнового напрямку. За результатами двох років експертизи цих сортів зроблено повну характеристику за морфологічними та господарськими ознаками.

Заявником гібриду соняшника 'IR Lehat' є Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва Національної академії аграрних наук України. Гібрид рекомендований для вирощування в зонах Степу та Лісостепу.

Ранньостиглий гібрид. Рослина за висотою – середня. Положення кошика – обернене донизу зі злегка зігнутим стеблом, діаметр кошика – великий, форма кошика з боку сім'янок – злегка випукла. Сім'янка середнього розміру, вузькояйцеподібної форми, за основним забарвленням – чорна, смугастість на краях та між краями слабко виражена – сірого забарвлення. Гібрид стійкий проти несправжньої борошнистої роси (*Plasmopara helianthi* Novot F. *Helianthi* Novot.) та має відсутню стійкість проти вовчка (*Orobancha cuman*).

Урожайність насіння в зоні Степу за два роки досліджень склала 1,76 т/га, в зоні Лісостепу – 3,60 т/га. Уміст

білка склав у зоні Степу – 17,0 %, у зоні Лісостепу – 16,8 %. Уміст олеїнової кислоти у зоні Степу – 72,8 %, у зоні Лісостепу – 74,3 %. Лушпинність – 26,1 – 27,3 %.

Заявником гібриду соняшника 'IR Polysk' – Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва Національної академії аграрних наук України. Гібрид рекомендований для вирощування в зонах Степу та Лісостепу.

Середньоранньостиглий гібрид. Рослина за висотою – середня. Положення кошика – обернене донизу зі злегка зігнутим стеблом, діаметр кошика – великий, форма кошика з боку сім'янок – злегка випукла. Сім'янка середнього розміру, вузькояйцеподібної форми, за основним забарвленням – чорна, смугастість на краях та між краями слабко виражена – сірого забарвлення.

Гібрид стійкий проти несправжньої борошнистої роси (*Plasmopara helianthi* Novot F. *Helianthi* Novot.) та має відсутню стійкість проти вовчка (*Orobancha cuman*).

Урожайність насіння в зоні Степу за два роки досліджень склала 2,03 т/га., в зоні Лісостепу – 3,33 т/га. Уміст білка склав у зоні Степу – 16,5 %, у зоні Лісостепу – 15,7 %. Уміст олеїнової кислоти у зоні Степу – 71,2 %, у зоні Лісостепу – 70,7 %. Лушпинність 25,0–25,4 %.

Заявником гібриду соняшника 'AM KLP 25' Товариство з обмеженою відповідальністю «АФ НПП АГРОМИР». Гібрид рекомендований для вирощування в зонах Степу та Лісостепу.

Середньоранньостиглий гібрид. Рослина за висотою – висока. Положення кошика – обернене донизу з зігнутим стеблом, діаметр кошика – великий, форма кошика з боку сім'янок – сильно випукла. Сім'янка середнього розміру, широкояйцеподібна, за основним забарвленням – чорна, смугастість на краях – слабко виражена, сірого забарвлення, смужки між краями – відсутні.

Гібрид стійкий проти несправжньої борошнистої роси (*Plasmopara helianthi* Novot F. *Helianthi* Novot.).

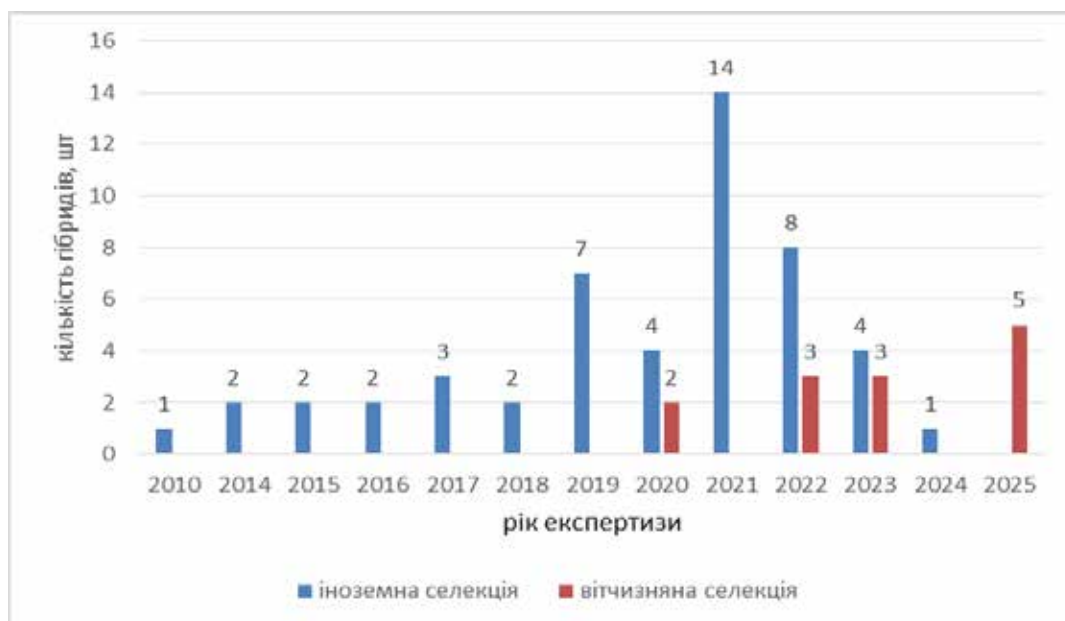


Рис. 2. Реєстрація соняшника однорічного висоолеїнового напрямку використання в Україні в розрізі вітчизняної та іноземної селекції в період (2010–2025 рр.)

та має відсутню стійкості проти вовчка (*Orobanche cumanica*).

Урожайність насіння в зоні Степу за два роки досліджень склала 2,06 т/га., в зоні Лісостепу – 3,26 т/га. Уміст білка склав у зоні Степу – 16,8 %, у зоні Лісостепу – 15,9 %. Уміст олеїнової кислоти у зоні Степу – 65,1 %, у зоні Лісостепу – 67,1 %. Лушпинність 25,7–25,8 %.

Заявником гібриду соняшника 'AM PRESTYZh' Товариство з обмеженою відповідальністю «АФ НПП АГРОМИР». Гібрид рекомендований для вирощування в зонах Степу та Лісостепу.

Середньоранньостиглий гібрид. Рослина за висотою – середня. Положення кошика – обернене донизу з злегка зігнутим стеблом, діаметр кошика – середній, форма кошика з боку сім'янок – злегка випукла. Сім'янка середнього розміру, вузькояйцеподібна, за основним забарвленням – чорна, смугастість на краях – слабо виражена, сірого забарвлення, смужки між краями – відсутні. Гібрид стійкий проти несправжньої борошністої роси (*Plasmopara helianthi* Novot F. *Helianthi* Novot.), та має відсутню стійкості проти вовчка (*Orobanche cumanica*).

Урожайність насіння в зоні Степу за два роки досліджень склала 1,68 т/га., в зоні Лісостепу – 2,96 т/га. Уміст білка склав за роками досліджень у зоні Степу – 17,2 %, у зоні Лісостепу – 16,5 %. Уміст олеїнової кислоти у зоні Степу – 87,1 %, у зоні Лісостепу – 83,0 %. Лушпинність – 24,6 – 24,7 %.

Заявником гібриду соняшника 'P64HE233' є Товариство з обмеженою відповідальністю «Кортева Агрисаєнс Україна». Гібрид рекомендований для вирощування в зонах Степу та Лісостепу.

Середньостиглий гібрид. Рослина за висотою – середня. Положення кошика обернене донизу зі злегка зігнутим стеблом, розмір кошика великий, форма кошика з боку сім'янок – сильно випукла. Сім'янка за розміром велика, вузькояйцеподібної форми, за основним забарвленням – чорна, смугастість на краях – сильно виражена, між краями – дуже слабка, забарвлення смужок – сіре. Гібрид стійкий проти вовчка (*Orobanche cumanica*) та несправжньої борошністої роси (*Plasmopara helianthi* Novot F. *Helianthi* Novot.).

Урожайність насіння в зоні Степу за два роки досліджень склала 2,30 т/га., в зоні Лісостепу – 3,70 т/га. Уміст білка склав у зоні Степу – 16,6 %, у зоні Лісостепу – 15,1 %. Уміст олеїнової кислоти у зоні Степу – 85,4 %, у зоні Лісостепу – 83,6 %. Лушпинність 27,1–27,7 %.

**Висновки.** Всі зареєстровані гібриди соняшника однорічного є відмінними, однорідними та стабільними та продемонстрували стійкість до вилягання, обсіпання, проти несправжньої борошністої роси, білої та сірої гнилі. Гібрид соняшника 'P64HE233' має генетично обумовлену стійкість проти вовчка – 9 балів.

За результатами кваліфікаційної експертизи на придатність для поширення в Україні гібриди 'IR Lehat', 'P64HE233' мали найбільшу врожайність та поповнили сортимент соняшника однорічного високоолеїнового напряму використання в Україні. За результатами досліджень встановлено, що гібриди рекомендовані для вирощування як у степовій так і в лісостеповій зонах.

Найвищим вмістом олеїнової кислоти характеризувались гібриди: 'AM PRESTYZh', 'P64HE233', 'IR Lehat', 'IR Polysk'.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Pilorgé, E. Sunflower in the global vegetable oil system: situation, specificities and perspectives. OCL. 2020. V. 27(34). P. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1051/ocl/2020028>.
- Прокопенко, К. О., & Удова Л. О. Сільське господарство України: виклики і шляхи розвитку в умовах зміни клімату. Економіка і прогнозування. 2017. № 1. С. 92–107. DOI: <https://doi.org/10.15407/eip2017.01.092>.
- Hussain, M., Farooq, S., Hasan, W., Ul-Allah, S., Tanveer, M., Farooq, M., & Nawaz, A. Drought stress in sunflower: Physiological effects and its management through breeding and agronomic alternatives. *Agricultural Water Management*. 2018. V. 201. P. 152–166. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.01.028>.
- Цвігун, В. О., & Ткач, Є. Д. Моніторинг та діагностика вірусних хвороб соняшника (*Helianthus annuus* L.) в агроценозах України. Агроекологічний журнал. 2024. № 4. С. 141–149. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2024.317166>
- Огляд українського ринку соняшнику та соняшникової олії – 2022/23. Share UA Potential. (2023). <http://shareuapotential.com/ru/BE/ukrainian-podsolnechnik-maslo-2023.html>.
- Поле онлайн. (2024, грудень, 11). Мін-во аграр. політики та прод.-ва України. <https://minagro.gov.ua>.
- Немцева Ю. Частка України в експорті соняшникової олії знизилась до 40 % – Карен Браун. 2025. Відновлено з <https://kurkul.com/news/38418-chastka-ukrayini-v-eksporti-sonyashnikovoyi-oliyi-znizilas-do-40--karen-braun>.
- Duru M. Trends in agri-food choices for health since the 1960s: the case of fatty acids. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids*. 2019. V. 26(44), P. 11. <https://doi.org/10.1051/ocl/2019038>.
- Zhou, Y., Zhao, W., Lai, Y., Zhang, B., & Zhang, D. Edible plant oil: global status, health issues, and perspectives. *Front. Plant Sci*. 2020. P. 11–15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01315>.
- АПК-Інформ. У світі зростає попит на високоолеїновий соняшник – як цим скористаються українські сільгоспвиробники. 2023. Відновлено з <https://www.apk-inform.com/uk/news/1537067>.
- Очеретна, А. В., & Фролова, Н. Е. Перспективи використання високоолеїнових сортів олії соняшника у продуктах функціональної дії для оздоровчого харчування. Технологія харчової та легкої промисловості. 2020. № 3 (2). С. 129–135. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.2-2/22>.
- Adeleke, B. S., & Babalola, O. O. Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus* L.) as a source of food: Nutritional and health benefits. *Food Sci. Nutri*. 2020. V. 8. 4666–4684. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1783>.
- Лиса А. На глобальному ринку зростає попит на високоолеїновий соняшник. 2023. <https://landlord.ua/news/na-hlobalnomu-rynku-zrostaie-popyt-na-vysokooleinovyi-sonyashnyk>.
- Alberio, C., Izquierdo, G. N., Galella, T., Zuñil, S., Reid, R., Zambelli, A. & Aguirrezábal, L.A.N. A New

- Sunflower High Oleic Mutation Confers Stable oil Grain Fatty Acid Composition across Environments. *European Journal of Agronomy*. 2016. V. 73. P. 25–33. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.10.003>.
15. Ведмедева, К. В. Особливий соняшник. *Агроном*. 2017. Відновлено з <https://www.agronom.com.ua/osoblyvyj-sonyashnyk/>.
  16. Яблук. Переваги високоолеїнових гібридів соняшнику. 2018. Відновлено з <https://yablukom.ua/ua/interesno-znat/344-preimushchestva-vysokooleinovykh-gibridov-podsolnechnika/>.
  17. Kachanova, T., Manushkina, T., Petrova, O., & Shevchuk, N. Productivity of high-oleic sunflower when grown in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2023. V. 27(1). P. 41–50. <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/1.2023.41>.
  18. Матусевич Г. Д., Кічігіна О. О., Смульська І. В. & Шацман Д. О. Урожайність та якість насіння гібриду соняшника НК Конді за різних технологій вирощування. Землеробство та рослинництво: теорія і практика. 2024. № 1 (11). С. 107–144. <https://doi.org/10.54651/agri.2024.01.13>.
  19. Топчий О. В., Смульська І. В., Орленко О. Б., Хоменко Т. М., Довбаш Н. І. & Руденко О. А. Особливості формування продуктивності високоолеїнових сортів соняшнику однорічного *Helianthus annuus* L. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2023. 19(3). P. 185–194. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.3.2023.287643>.
  20. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2026 рік. (реєстр є чинним на 16.02.2026) / Мін-во економіки, довкілля та сільського госп-ва України. Київ. 2026. <https://me.gov.ua/view/dc085951-a4fd-4517-8ca5-2b50823c88db>.
  21. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні (загальна частина) / за ред. С. І. Мельник. Вінниця : «ТВОРИ», 2024. 83 с. <https://sops.gov.ua/uploads/page/metodiki/metodZagChapter.pdf>.
  22. Ткачик, С. О. (Ред.). (2017). Методика проведення експертизи сортів рослин групи технічних та кормових на придатність до поширення в Україні (ПСП) / за ред. С. О. Ткачик. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2017. 73 с. <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f41539f40a.pdf>.
  23. Методика визначення відповідності сортів соняшнику однорічного критеріям відмінності, однорідності і стабільності, 2023. <https://sops.gov.ua/uploads/page/6971ed5f64ff8.pdf>.
  24. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення. Методи визначення показників якості продукції рослинництва, 3-тє вид. випр. і доп. / за ред. С. О. Ткачик. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 159 с.
  25. Класифікатор показників якості ботанічних таксонів, сорти яких проходять експертизу на придатність до поширення. Вінниця: ФОП Корзун Д. Ю., 2019. 16 с.
  2. Prokopenko, K.O., & Udova L.O. (2017). Silske hospodarstvo Ukrainy: vyklyky i shliakhy rozvytku v umovakh zminy klimatu [Agriculture of Ukraine: challenges and development paths in the context of climate change]. *Ekonomika i prohnorozuvannia*, 1, 92–107. <https://doi.org/10.15407/eip2017.01.092> [in Ukrainian].
  3. Hussain, M., Farooq, S., Hasan, W., Ul-Allah, S., Tanveer, M., Farooq, M., & Nawaz, A. (2018). Drought stress in sunflower: Physiological effects and its management through breeding and agronomic alternatives. *Agricultural Water Management*, 201, 152–166. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.01.028>
  4. Tsvigun, V.O., & Tkach, E.D. (2024). Monitorynh ta diahnostyka virusnykh khvorob soniashnyka (*Helianthus annuus* L.) v ahrotsenozakh Ukrainy [Monitoring and diagnostics of viral diseases of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in agroecosystems of Ukraine]. *Ahroekolohichniy zhurnal*, 4, 141–149. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2024.317166> [in Ukrainian].
  5. Ohliad ukrainskoho rynku soniashnyku ta soniashnykovoio olii – 2022/23 [Ukrainian Sunflower and Sunflower Oil Market Overview – 2022/23]. Share UA Potential. <http://shareuapotential.com/ru/BE/ukrainian-podsolnechnik-maslo-2023.html> (data zvernennia: 2.02.2026) [in Ukrainian].
  6. Pole onlain [Field online]. Min-vo ahrar. polityky ta prod.-va Ukrainy. <https://minagro.gov.ua> (data zvernennia: 12.01.2026) [in Ukrainian].
  7. Nemtseva, Y. (2025). Chastka Ukrainy v eksporti soniashnykovoi olii znyzylas do 40 % – Karen Braun [Ukraine's share in sunflower oil exports dropped to 40% – Karen Braun]. <https://kurkul.com/news/38418-chastka-ukrayini-v-eksporti-sonyashnikovoyi-oliyi-znizilas-do-40-karen-braun> (data zvernennia: 11.02.2026) [in Ukrainian].
  8. Duru, M. (2019). Trends in agri-food choices for health since the 1960s: the case of fatty acids. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, 26(44), 11. <https://doi.org/10.1051/ocl/2019038>
  9. Zhou, Y., Zhao, W., Lai, Y., Zhang, B., & Zhang, D. (2020). Edible plant oil: global status, health issues, and perspectives. *Front. Plant Sci*, 11–15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01315>
  10. U sviti zrostaie popyt na vysokooleinovy soniashnyk – yak tsym skorystaiutsia ukrainski silhospyvrobnyky [The world's demand for high-oleic sunflower is growing – how will Ukrainian agricultural producers take advantage of this]. APK-Inform. <https://www.apk-inform.com/uk/news/1537067> (data zvernennia: 5.02.2026) [in Ukrainian].
  11. Ocheretna, A.V., & Frolova, N.E. (2020). Perspektyvy vykorystannia vysokooleinovykh sortiv olii soniashnyka u produktakh funktsionalnoi dii dlia ozdorovchoho kharchuvannia [Prospects for the use of high-oleic varieties of sunflower oil in functional products for health nutrition]. *Tekhnolohiia kharchovoi ta lehkoi promyslovosti*, 3(2–2), 129–135. <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.2-2/22> [in Ukrainian].
  12. Adeleke, B.S., & Babalola, O.O. (2020). Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food: Nutritional and health benefits. *Food Sci. Nutri.*, 8, 4666–4684. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1783>
  13. Lysa, A. (2023). Na hlobalnomu rynku zrostaie popyt na vysokooleinovy soniashnyk [Demand for

## REFERENCES:

1. Pilorgé, E. (2020). Sunflower in the global vegetableoil system: situation, specificities, and perspectives. *OCL*. 27(34). 1–11. <https://doi.org/10.1051/ocl/2020028>

- high-oleic sunflower is growing on the global market]. <https://landlord.ua/news/na-hlobalnomu-rynku-zrostaie-popyt-na-vysokooleinovyi-soniashnyk> (data zvernennia: 15.01.2026) [in Ukrainian].
14. Alberio, C., Izquierdo, G.N., Galella, T., Zuil, S., Reid, R., Zambelli, A., & Aguirrezabal, L. A. N. (2016). A New Sunflower High Oleic Mutation Confers Stable oil Grain Fatty Acid Composition across Environments. *European Journal of Agronomy*, 73, 25–33. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.10.003>
  15. Vedmedeva, K.V. (2017). Osoblyvyi soniashnyk [Special sunflower]. *Agronom*. <https://www.agronom.com.ua/osoblyvyi-soniashnyk/> (data zvernennia: 1.02.2026) [in Ukrainian].
  16. Perevahy vysokooleinovyykh hibrydiv soniashnyku [Advantages of high-oleic sunflower hybrids]. (2018). Yablukom. <https://yablukom.ua/ua/interesno-znat/344-preimushchestva-vysokooleinovyykh-gibridov-podsolnechnika/> (data zvernennia: 6.02.2026) [in Ukrainian].
  17. Kachanova, T., Manushkina, T., Petrova, O., & Shevchuk, N. (2023). Productivity of high-oleic sunflower when grown in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 27(1), 41–50. <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/1.2023.41>.
  18. Matusevych G.D., Kichigina O.O., Smul'ska I.V., & Shatsman D.O. (2024). Urozhainist ta yakist nasinnia hibrydu soniashnyka NK Kondi za riznykh tekhnolohii vyroshchuvannya [Yield and quality of sunflower hybrid seeds NK Kondi under different cultivation technologies]. *Zemlerobstvo ta roslynnystvo: teoriia i praktyka*, 1 (11), 107–144. <https://doi.org/10.54651/agri.2024.01.13> [in Ukrainian]
  19. Topchii, O.V., Smul'ska, I.V., Orlenko, O.B., Khomenko, T.M., Dovbash, N.I., & Rudenko, O. A. (2023). Osoblyvosti formuvannya produktyvnosti vysokooleinovyykh sortiv soniashnyku odnorichnoho *Helianthus annuus* L. [Characteristics of the formation of productivity of high oleic varieties of the common sunflower *Helianthus annuus* L.] *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn*, 19(3), 185–194. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.3.2023.287643> [in Ukrainian].
  20. Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini na 2026 rik [State register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine in 2026]. (16.02.2026). *Min-vo ekonomiky, dovkillia ta sil'skoho hosp-va Ukrainy*. <https://me.gov.ua/view/dc085951-a4fd-4517-8ca5-2b50823c88db> [in Ukrainian].
  21. Melnyk S.I. (Ed.). (2024). *Metodyka provedennia kvalifikatsiynoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist' do poshyrennia v Ukraini (zahal'na chastyna)* [Methodology for conducting qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine (general part)]. Vinnytsya: «CREATIONS». [in Ukrainian].
  22. Tkachyk, S.O. (Ed.). (2017). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy tekhnichnykh ta kormovykh na prydatnist' do poshyrennia v Ukraini (PSP)* [Methodology for conducting an examination of plant varieties of the technical and fodder group for suitability for distribution in Ukraine (PSP)]. Vinnytsya: FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian].
  23. *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy oliynykh na vidminnist, odnoridnist i stabilnist* [Methodology for conducting an examination of plant varieties of the oilseed group for distinctiveness, uniformity and stability]. (2023). <https://sops.gov.ua/uploads/page/6971ed5f64ff8.pdf> (data zvernennia: 2.02.2026) [in Ukrainian].
  24. Tkachyk, S.O. (Ed.). (2016). *Metodyka provedennia kvalifikatsiynoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist' do poshyrennia. Metody vyznachennia pokaznykiv yakosti produktsii roslynnystva* [Methods of conducting qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. Methods of determining plant production quality indicators]. Vinnytsya: FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian].
  25. *Klasyfikator pokaznykiv yakosti botanichnykh taksoniv, sorty yakykh prokhodyat' ekspertyzu na prydatnist' do poshyrennia*. (2019). [Classifier of quality indicators of botanical taxa, varieties of which are being examined for suitability for distribution]. Vinnytsya : FOP Korzun D.Yu. [in Ukrainian].
- Смутьська І.В., Носуля А.М., Гринів С.М., Михайлик С.М. Оцінка господарсько-цінних та морфологічних показників гібридів соняшника однорічного високоолеїнового напрямку використання (*Helianthus annuus* L.) внесених до Державного реєстру сортів, придатних для поширення в Україні.**
- Проаналізовано тенденції формування гібридного складу соняшника однорічного (*Helianthus annuus* L.) в Україні за даними Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні. Встановлено загальну кількість зареєстрованих гібридів соняшника однорічного високоолеїнового напрямку використання, який складає 63 гібриди, що становить 9,4 % від загальної кількості гібридів високоолеїнового соняшника у Реєстрі сортів. Із них 49 гібридів іноземної селекції (77,7 %) та 14 гібридів вітчизняної селекції (22,3 %).
- Мета.** Визначити основні показники продуктивності, якості та характеристика за морфологічними ознаками насіння гібридів соняшника однорічного (*Helianthus annuus* L.) високоолеїнового напрямку використання за вирощування їх у зонах Степу та Лісостепу України.
- Матеріали і методи дослідження:** Кваліфікаційну експертизу гібридів соняшника однорічного високоолеїнового напрямку використання здійснювали в пунктах досліджень Українського інституту експертизи сортів рослин в межах ґрунтово-кліматичних зон: Степ, Лісостеп. Достовірність результатів з експертизи сортів рослин забезпечували проведення досліджень у щонайменше трьох пунктах дослідження в межах однієї ґрунтово-кліматичної зони. Використовували польовий, лабораторний, математично-статистичний.
- Результати.** Досліджено господарсько-цінні та морфологічні ознаки соняшника однорічного (*Helianthus annuus* L.) високоолеїнового напрямку використання, що внесені до Реєстру сортів в Україні за період 2010–2025 рр.
- Висновки.** За отриманими результатами кваліфікаційної експертизи на ВОС гібриди є відмінними, однак рідними та стабільними. За результатами досліджень на ПСП встановлено, що гібриди рекомендовані для вирощування як у степовій так і в лісостеповій зонах. Найвищим вмістом олеїнової кислоти характеризувались гібриди: 'AM PRESTYZh', 'P64HE233', 'IR Lehat', 'IR Polysk'.
- Ключові слова:** гібрид; соняшник однорічний; урожайність; насіння; вміст олеїнової кислоти; вміст білка.

Smulska I.V., Nosulya A.M., Hryniv S.M., Mykhailik S.M. **Assessment of the economic value and morphological indicators of annual high-oleic sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) included in the State Register of Varieties Suitable for Distribution in Ukraine.**

The trends in the formation of the hybrid composition of annual sunflower (*Helianthus annuus* L.) in Ukraine were analyzed according to the data of the State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine. The total number of registered annual sunflower hybrids of high-oleic direction of use was established, which is 63 hybrids, which is 9.4% of the total number of high-oleic sunflower hybrids in the Register of Varieties. Of these, 49 are foreign hybrids (77.7%) and 14 are domestic hybrids (22.3%). **Objective:** To determine the main indicators of productivity, quality and morphological characteristics of seeds of annual sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) of high-oleic use when growing them in the Steppe and Forest-Steppe zones of Ukraine. **Materials and methods of research:** Qualification examination of

annual sunflower hybrids of high-oleic direction of use was carried out at the research points of the Ukrainian Institute of Plant Variety Examination within the soil and climatic zones: Steppe, Forest-steppe. The reliability of the results of the plant variety examination was ensured by conducting research at at least three research points within one soil and climatic zone. Field, laboratory, mathematical and statistical methods were used. **Results.** The economic value and morphological characteristics of annual sunflower (*Helianthus annuus* L.) of high-oleic use, which were included in the Register of Varieties in Ukraine for the period 2010–2025, were studied. **Conclusions.** According to the results of the qualification examination at the VOS, the hybrids are excellent, uniform and stable. According to the results of research at the PSP, it was established that the hybrids are recommended for cultivation in both the steppe and forest-steppe zones. The highest content of oleic acid was characterized by the hybrids: 'AM PRESTYZh', 'P64HE233', 'IR Lehat', 'IR Polysk'.

**Key words:** hybrid; annual sunflower; yield; seeds; oleic acid content; protein content.

Дата першого надходження статті до видання: 21.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026



## ФЕНОТИПОВА І ГЕНОТИПОВА МІНЛИВІСТЬ ДОВЖИНИ ГОЛОВНОГО КОЛОСА У РІЗНИХ ЗА ВИСОТОЮ СОРТІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ

**ФІЛІЦЬКА О.О.** – доктор філософії з агрономії

*orcid.org/0000-0003-1544-0845*

Білоцерківський національний аграрний університет

**ЛОЗІНСЬКИЙ М.В.** – доктор сільськогосподарських наук, професор

*orcid.org/0000-0002-6078-3209*

Білоцерківський національний аграрний університет

**САМОЙЛИК М.О.** – доктор філософії з агрономії

*orcid.org/0000-0001-8576-5368*

Білоцерківський національний аграрний університет

**ПРОКОП'ЮК Т.П.** – доктор філософії з агрономії

*orcid.org/0009-0005-7008-1656*

Білоцерківський національний аграрний університет

**ЮРЧЕНКО А. І.** – кандидат сільськогосподарських наук

*orcid.org/0009-0009-5915-2053*

Білоцерківський національний аграрний університет

**Постановка проблеми.** Стрімке зростання населення планети ставить перед агровиробництвом та науковою спільнотою завдання, яке полягає у суттєвому збільшенні валового виробництва сільськогосподарських культур [1, 2]. Водночас глобальний попит на аграрну продукцію невідпинно підвищується і, за прогнозами, зберігатиме цю тенденцію впродовж наступних десятиліть, що пов'язано як із приростом чисельності населення Землі приблизно на 2,3 млрд осіб, так і з очікуваним підвищенням рівня доходів на душу населення до середини століття. Звіт щодо стану продовольчої безпеки та харчування у світі, представлений FAO, демонструє той факт, що проблема голоду залишається одним із ключових глобальних викликів сучасності. Так, станом на 2024 р. близько 733 млн осіб у світі перебувають у стані хронічного недоїдання, що зумовлює необхідність підвищення ефективності виробництва сільськогосподарської продукції, зокрема зернових культур, серед яких важливе місце посідає пшениця озима [3].

### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Пшениця є однією з ключових зернових культур світового сільського господарства [4, 5], займаючи близько 17 % посівних площ (240,8 млн га) та гарантуючи щорічне виробництво на рівні 750–790 млн т зерна [6, 7]. Вона є основним джерелом харчування для близько 35 % населення планети, забезпечуючи до 20 % споживання калорій і білка, та вирощується більш ніж у 180 країнах [8, 9].

Попит на пшеничне зерно зростає, і до 2050 р. прогнозується збільшити виробництва до 840 млн т [6, 10], що потребує середньорічного приросту на рівні 1,96 %. Водночас фактичні темпи зростання значно менші (0,76 % у 2014–2023 рр.), а приріст урожайності, зокрема за рахунок селекції, не перевищує 1 % на рік при необхідних 2,4 % [3]. За таких умов підвищення врожайності

та стабільності її формування у сортів пшениці озимої є актуальним науково-практичним завданням [11].

Вчені стверджують, що важливу роль у збільшенні врожайності культур, зокрема пшениці, відіграє сорт [12]. Ефективне використання новостворених сортів інтенсивного типу є одним із головних чинників зростання виробництва зерна хлібної пшениці, яка характеризується високою конкурентоспроможністю та адаптованістю до регіональних ґрунтово-кліматичних умов [8].

Урожайність зерна є складною інтегральною ознакою, формування якої визначається взаємодією компонентів продуктивності та умов навколишнього середовища. Така багатофакторність ускладнює її підвищення методами селекції, особливо на ранніх етапах добору, коли орієнтація лише на кінцевий показник є недостатньо ефективною. У зв'язку з цим доцільним є використання компонентів урожайності як додаткових критеріїв добору, що зумовлює необхідність вивчення їх генетичної архітектури [13].

Аналіз структури врожаю та якості зерна дає змогу виявляти сорти з оптимальними характеристиками, що підвищують ефективність виробництва та відповідають сучасним вимогам ринку [4]. Актуальним напрямком є створення нових сортів пшениці, що дозволяють толерувати різні стреси, а також забезпечувати більший урожай зерна. Формування продуктивності значною мірою визначається архітектурою рослини, фенологічними особливостями та морфологічними характеристиками колоса і зерна [14], що зумовлює необхідність адаптації сортів до мінливих умов довкілля.

Кількісні ознаки є ключовими показниками продуктивності та якості врожаю, проте їх генетична детермінація залишається недостатньо з'ясованою. Вони характеризуються високою варіабельністю та значною





залежністю від умов довкілля, а їх дослідження потребує великих вибірок і значних ресурсів [15].

Особливу увагу селекціонери приділяють довжині головного колоса, як важливому елементу продуктивності, який залежить від генотипу та гідротермічних умов і використовується як критерій добору в колосових культур, характеризуючись відносно низькою паратиповою мінливістю та тісним взаємозв'язком із урожайністю зерна [16].

У різних генотипів пшениці довжина колоса має чіткий фенотиповий прояв, добре успадковується і є надійним компонентом селекційної роботи [17].

На основі сучасних метеорологічних спостережень фіксуються стійкі тенденції до потепління, що зумовлює необхідність коригування селекційного процесу у напрямку створення сортів пшениці озимої м'якої універсального типу з підвищеною стійкістю до абіотичних чинників [18].

Основним способом вирішення цієї проблеми є створення та впровадження у виробництво нових сортів із високим генетичним потенціалом продуктивності, адаптованих до конкретних екологічних умов вирощування.

Вивчення генетичного різноманіття колекційного матеріалу різного еколого-географічного походження за різних умов середовища сприяє формуванню сортів із підвищеною екологічною пластичністю та стабільністю.

Сучасні сорти мають відповідати адаптивності до широкого спектра стресових чинників вирощування, що зумовлює актуальність створення генотипів із високим адаптивним потенціалом [19].

Ефективність адаптивної селекції залежить від удосконалення методів оцінювання пластичності генотипів, особливо на ранніх етапах добору, а також від залучення ідентифікованих за цими ознаками джерел вихідного матеріалу [20, 21].

Адаптація пшениці визначається взаємодією генетичних систем і факторів середовища, що зумовлює прояв її фенотипових ознак [22]. Вона реалізується, зокрема, через варіабельність фенологічних параметрів і пов'язаних із ними морфологічних характеристик, які забезпечують ефективну реалізацію продуктивного потенціалу генотипів у конкретних умовах вирощування [23].

**Мета дослідження** – встановити вплив генотипу на фенотипову мінливість довжини головного колоса у різних за висотою сортів пшениці озимої м'якої з метою оцінки потенціалу їх використання у селекційних програмах.

**Матеріали та методика досліджень.** У 2019–2022 рр. в умовах дослідного поля навчально-виробничого центру Білоцерківського НАУ досліджували сорти пшениці м'якої озимої, які відповідно Міжнародного класифікатора РЕВ роду *Triticum* L., за даними оригінаторів, розділені на групи за висотою рослин: низькорослі II групи (66–80 см) – Білоцерківська напівкарликова (Б.Ц. н/к.), Сонечко, Смуглянка; середньорослі I групи (81–95 см) – Донська напівкарликова (Донська н/к.), Лісова пісня, Олеся, Колос Миронівщини (Колос Мир.); середньорослі II групи (96–110 см) – Столична, Писанка, Відрада, Альбатрос одеський (Альбатрос

од.); високорослі I групи (111–125 см) – Одеська 267, Ластівка одеська (Ластівка од.), Пилипівка, Чародійка білоцерківська (Чародійка б. ц.).

Селекційний матеріал висівали ручною сівалкою з міжряддям 15 см за нормою 60 насінин на погонний метр наприкінці третьої декади вересня. Агротехніка – загальноприйнята для умов Лісостепу. Попередник – гірчиця на зерно.

Біометричний аналіз проводили за середнім зразком 25 рослин у трикратній повторності [24]. Статистичну обробку отриманих даних виконували із використанням програми «Statistica», версія 12.0 [25].

Кількісну оцінку довжини головного колоса проводили за показником середньої арифметичної та її похибкою ( $\bar{X} \pm S\bar{X}$ ); оцінку мінливості – за розмахом варіювання (min–max), дисперсією ( $S^2$ ) і коефіцієнтом варіації ( $V$ , %):  $V < 10$  % – незначна мінливість,  $10 \leq V \leq 20$  % – середня,  $V > 20$  % – значна.

Гомеостатичність (Hom) і селекційну цінність ( $S_c$ ) розраховували за В. В. Хангільдіним і М. А. Литвиненком (1981).

**Результати і обговорення.** Найбільша довжина головного колоса, за винятком сортів Білоцерківська напівкарликова, Смуглянка, Колос Миронівщини, Столична, Альбатрос одеський сформована в 2021 р. Достовірне перевищення над середнім показником (7,8 см) у цьому році встановлено в Лісова пісня (8,5 см), Відрада (8,4 см), Донська напівкарликова, Столична, Писанка (8,2 см). В умовах 2022 р. сформувалась дещо менша середня по сортах довжина головного колоса – 7,5 см, із достовірним перевищенням у Столична, Альбатрос одеський (8,6 см), Писанка (8,1 см). Істотно менша середня по досліді довжина колоса встановлена у 2019 та 2020 рр. – 6,9 та 7,0 см відповідно (табл. 1).

Середню за чотири роки довжину колоса (7,3 см) достовірно перевищували середньорослі сорти II групи Столична, Писанка, Альбатрос одеський (+0,3 см).

Незначний розмах мінливості ознаки у 2019–2022 рр. встановлено у високорослого сорту Чародійка білоцерківська (0,6 см), середньорослого I групи Колос Миронівщини (0,8 см), низькорослого Сонечко (1,0 см) за незначного фенотипового коефіцієнта варіації – 3,2–3,9 % (табл. 2).

Середня мінливість довжини головного колоса (1,4–1,7 см) визначена в сортів Пилипівка, Смуглянка, Писанка, Білоцерківська напівкарликова, Ластівка одеська, Олеся, Одеська 267 за незначного індивідуального коефіцієнта варіації – 5,9–8,9 %. Істотна варіабельність ознаки встановлена в межах 1,9–2,4 см у сортів Донська напівкарликова, Альбатрос одеський, Відрада, Лісова пісня за незначного (7,9–9,7 %) та середнього (11,1 %) – Столична, коефіцієнтів варіації.

Генотиповий коефіцієнт варіації довжини головного колоса у всіх досліджуваних групах був незначним за найменшого показника у низькорослих сортів ( $V = 3,9$  %) і найбільшого ( $V = 7,2$  %) – середньорослі II групи.

Дисперсійний аналіз усіх досліджуваних сортів показав, що в середньому за 2019–2022 рр. мінливість

Таблиця 1

Довжина головного колоса (см) сортів пшениці м'якої озимої, 2019–2022 рр.

| Сорт                         | Довжина головного колоса, см |         |         |         |             | ± до $\bar{X}^{**}$ |
|------------------------------|------------------------------|---------|---------|---------|-------------|---------------------|
|                              | 2019 р.                      | 2020 р. | 2021 р. | 2022 р. | $\bar{X}^*$ |                     |
| низькорослі сорти II групи   |                              |         |         |         |             |                     |
| Б.ц. н/к.                    | 6,3                          | 6,7     | 7,4     | 7,1     | 6,9         | -0,4                |
| Сонечко                      | 6,9                          | 6,8     | 6,8     | 7,3     | 7,0         | -0,3                |
| Смуглянка                    | 7,5                          | 6,7     | 7,8     | 7,3     | 7,3         | -                   |
| $\bar{X}$ по групі           | 6,9                          | 6,7     | 7,3     | 7,2     | 7,0         | -0,3                |
| середньорослі сорти I групи  |                              |         |         |         |             |                     |
| Донська н/к.                 | 6,7                          | 7,2     | 8,2     | 7,3     | 7,3         | -                   |
| Лісова пісня                 | 6,6                          | 7,4     | 8,5     | 7,7     | 7,5         | +0,2                |
| Олеся                        | 6,4                          | 6,6     | 7,9     | 7,1     | 7,0         | -0,3                |
| Колос Мир.                   | 7,3                          | 7,2     | 7,4     | 7,5     | 7,3         | -                   |
| $\bar{X}$ по групі           | 6,8                          | 7,1     | 8,0     | 7,4     | 7,3         | -                   |
| середньорослі сорти II групи |                              |         |         |         |             |                     |
| Столична                     | 7,1                          | 6,6     | 8,2     | 8,6     | 7,6         | +0,3                |
| Писанка                      | 7,1                          | 7,0     | 8,2     | 8,1     | 7,6         | +0,3                |
| Відрада                      | 6,7                          | 7,3     | 8,4     | 7,0     | 7,3         | -                   |
| Альбатрос од.                | 6,8                          | 7,7     | 7,2     | 8,6     | 7,6         | +0,3                |
| $\bar{X}$ по групі           | 6,9                          | 7,1     | 8,0     | 8,1     | 7,5         | +0,2                |
| високорослі сорти I групи    |                              |         |         |         |             |                     |
| Одеська 267                  | 6,6                          | 6,5     | 8,0     | 7,1     | 7,1         | -0,2                |
| Ластівка од.                 | 6,8                          | 6,7     | 7,9     | 7,4     | 7,2         | -0,1                |
| Пилипівка                    | 6,5                          | 6,9     | 7,5     | 7,1     | 7,0         | -0,3                |
| Чародійка б.ц.               | 7,5                          | 7,1     | 7,5     | 7,5     | 7,4         | +0,1                |
| $\bar{X}$ по групі           | 6,9                          | 6,8     | 7,7     | 7,3     | 7,2         | -0,1                |
| $\bar{X}$ по досліді         | 6,9                          | 7,0     | 7,8     | 7,5     | 7,3         | —                   |
| $HR_{0,5}$                   | 0,30                         | 0,09    | 0,26    | 0,22    | —           | —                   |

Примітки: \* – середнє за 2019–2022 рр., \*\* – середнє по досліді.

довжини головного колоса на 42,76 % визначалася умовами року, натомість, сорт модифікував ознаку лише на 17,59 %, а взаємодія «сорт – умови року» – 34,68 %, за частки впливу інших факторів на рівні 4,97 % (табл. 3).

Для більш детальної оцінки формування довжини головного колоса досліджуваних сортів пшениці м'якої озимої використано показник гомеостатичності, який характеризує реакцію генотипу на фактори зовнішнього середовища (рис. 1).

Більший показник гомеостатичності продемонстрували сорти Чародійка білоцерківська ( $Hom = 249$ ), Колос Миронівщини ( $Hom = 211$ ) та Сонечко ( $Hom = 188$ ), що свідчить про їх високу екологічну стійкість та здатність формувати довжину головного колоса близьку до генетично зумовленої, незважаючи на коливання абіотичних факторів.

За селекційною цінністю, яка вказує на поєднання досліджуваної кількісної ознаки з адаптивною здатністю генотипу виділено сорти Чародійка білоцерківська ( $Sc = 6,8$ ), Колос Миронівщини ( $Sc = 6,7$ ), Писанка ( $Sc = 6,3$ ) і Сонечко –  $Sc = 6,1$  (рис. 2).

Результати досліджень В. Базалія, узгоджуючись із нашими, свідчать про модифікаційну мінливість довжини головного колоса під впливом факторів зовнішнього середовища за відносно низької частки

генотипової варіації (13,9 %), що обмежує ефективність селекційного добору за її фенотиповим проявом [26].

Водночас, Н. Дубовик зі співавторами [27] відзначають значущість встановлення рівня прояву та норми реакції сортів пшениці м'якої озимої за довжиною головного колоса в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах. Тому дослідження варіабельності довжини головного колоса та оцінка її адаптивності до умов середовища є важливими для забезпечення стабільної продуктивності сортів пшениці озимої в сучасних умовах інтенсифікації сільськогосподарського виробництва. Виділені сорти Чародійка білоцерківська, Колос Миронівщини і Сонечко, які характеризуються незначною мінливістю ознаки за високими показниками гомеостатичності і селекційної цінності, доцільно залучати до подальшої селекційної роботи як джерела адаптивного вихідного матеріалу для умов Лісостепу.

**Висновки.** Виділено середньорослі II групи сорти пшениці м'якої озимої Столична, Писанка, Альбатрос одеський, які достовірно перевищували на 0,3 см середню по досліді (7,6 см) довжину головного колоса за 2019–2022 рр. Генотиповий коефіцієнт варіації ознаки у всіх досліджуваних груп сортів був незначним –  $V = 3,9\text{--}7,2\%$ . Фенотипова мінливість довжини колоса на незначному рівні (3,2–3,9 %), а також високі

Таблиця 2

Мінливість довжини головного колоса сортів пшениці м'якої озимої (середнє за 2019–2022 рр.)

| Сорт                         | $\bar{X} \pm S\bar{x}$ , см | Lim (см) |     | R, см | S <sup>2</sup> | V, %  |
|------------------------------|-----------------------------|----------|-----|-------|----------------|-------|
|                              |                             | min      | max |       |                |       |
| низькорослі сорти II групи   |                             |          |     |       |                |       |
| Б.ц. н/к.                    | 6,9±0,13                    | 6,1      | 7,6 | 1,5   | 0,21           | 6,7*  |
| Сонечко                      | 7,0±0,08                    | 6,5      | 7,5 | 1,0   | 0,07           | 3,9*  |
| Смуглянка                    | 7,3±0,13                    | 6,6      | 8,0 | 1,4   | 0,21           | 6,3*  |
| $\bar{X}$ по групі           | 7,0±0,08                    | —        |     |       | 0,07           | 3,9** |
| середньорослі сорти I групи  |                             |          |     |       |                |       |
| Донська н/к.                 | 7,3±0,17                    | 6,6      | 8,5 | 1,9   | 0,33           | 7,9*  |
| Лісова пісня                 | 7,5±0,21                    | 6,5      | 8,9 | 2,4   | 0,51           | 9,4*  |
| Олеся                        | 7,0±0,17                    | 6,4      | 8,0 | 1,6   | 0,35           | 8,4*  |
| Колос Мир.                   | 7,4±0,08                    | 7,1      | 7,9 | 0,8   | 0,07           | 3,5*  |
| $\bar{X}$ по групі           | 7,3±0,14                    | —        |     |       | 0,23           | 6,5** |
| середньорослі сорти II групи |                             |          |     |       |                |       |
| Столична                     | 7,6±0,24                    | 6,6      | 8,8 | 2,2   | 0,71           | 11,1* |
| Писанка                      | 7,6±0,16                    | 6,9      | 8,3 | 1,4   | 0,32           | 7,5*  |
| Відрада                      | 7,3±0,20                    | 6,5      | 8,8 | 2,3   | 0,50           | 9,7*  |
| Альбатрос од.                | 7,6±0,21                    | 6,7      | 8,7 | 2,0   | 0,52           | 9,5*  |
| $\bar{X}$ по групі           | 7,5±0,16                    | —        |     |       | 0,29           | 7,2** |
| високорослі сорти I групи    |                             |          |     |       |                |       |
| Одеська 267                  | 7,1±0,18                    | 6,4      | 8,1 | 1,7   | 0,39           | 8,9*  |
| Ластівка од.                 | 7,2±0,15                    | 6,6      | 8,2 | 1,6   | 0,28           | 7,4*  |
| Пилипівка                    | 7,0±0,12                    | 6,3      | 7,7 | 1,4   | 0,17           | 5,9*  |
| Чародійка б.ц.               | 7,4±0,07                    | 7,1      | 7,7 | 0,6   | 0,05           | 3,2*  |
| $\bar{X}$ по групі           | 7,2±0,11                    | —        |     |       | 0,16           | 5,5** |

Примітки: \* – фенотипові (індивідуальні) коефіцієнти варіації, \*\* – генотипові (міжсортів) коефіцієнти варіації.

Таблиця 3

Результати дисперсійного аналізу довжини головного колоса сортів пшениці м'якої озимої, 2019–2022 рр.

| Джерело мінливості | Сума квадратів | Ступені свободи | Середній квадрат | Критерій Фішера |                 | Частка впливу, % | НІР <sub>0,05</sub> |
|--------------------|----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|---------------------|
|                    |                |                 |                  | F <sub>ф</sub>  | F <sub>05</sub> |                  |                     |
| Рік вирощування    | 26,4           | 3               | 8,80             | 338,4*          | 2,7*            | 42,76            | 0,07                |
| Сорт               | 10,9           | 14              | 0,78             | 29,8*           | 1,8*            | 17,59            | 0,13                |
| Взаємодія факторів | 21,4           | 42              | 0,51             | 19,6*           | 1,5*            | 34,68            | 0,26                |
| Інші фактори       | 3,1            | 118             | 0,03             |                 |                 | 4,97             |                     |
| Загальне           | 62,6           | 179             |                  |                 |                 | 100,0            |                     |

Примітки: \* – p &lt; 0,001.

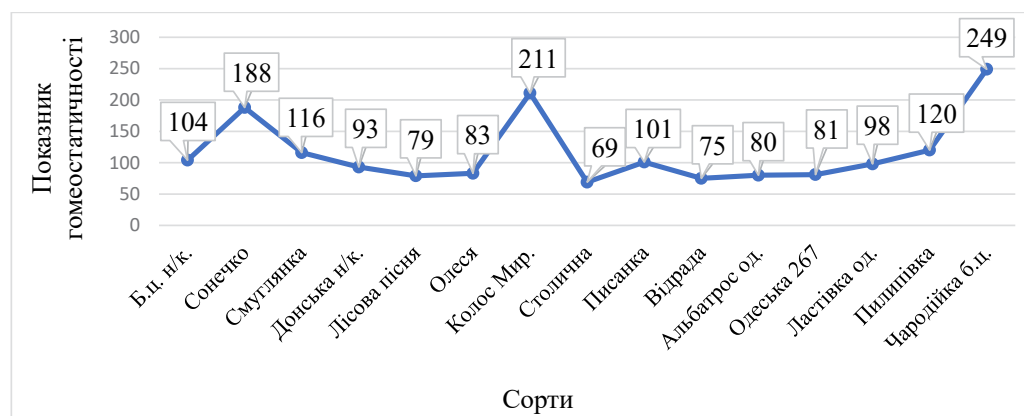


Рис. 1. Гомеостатичність довжини головного колоса різних за висотою сортів пшениці м'якої озимої, 2019–2022 рр.

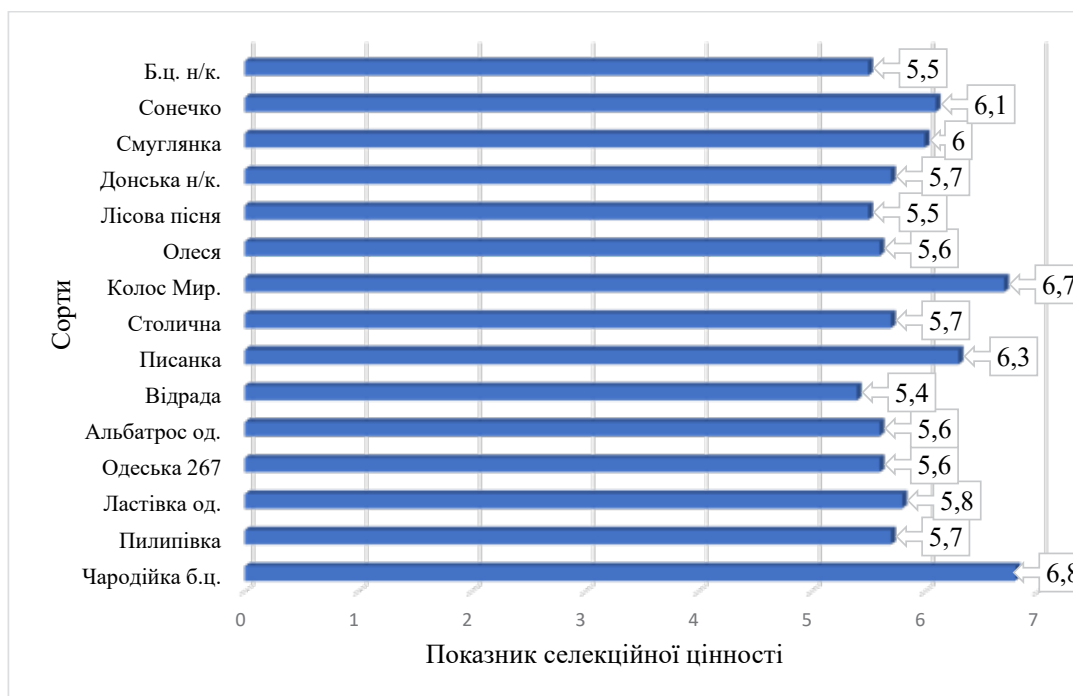


**Рис. 2. Селекційна цінність за довжиною головного колоса різних за висотою сортів пшениці м'якої озимої, 2019–2022 рр.**

показники гомеостатичності і селекційної цінності встановлено у високорослого сорту I групи Чародійка білоцерківська ( $Hom = 249$ ;  $Sc = 6,8$ ); середньорослого I групи Колос Миронівщини ( $Hom = 211$ ;  $Sc = 6,7$ ) і низькорослого II групи Сонечко ( $Hom = 188$ ;  $Sc = 6,1$ ), що свідчить про їх високу стабільність та адаптивний потенціал. Виділені генотипи можуть бути використані як вихідний матеріал у селекційних програмах, направлених на створення високопродуктивних і екологічно пластичних за довжиною головного колоса генотипів пшениці м'якої озимої.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Tilman D., Balzer C., Hill J., Befort B. L. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2011. Vol. 108. P. 20260–20264. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108>
2. Grzebisz W., Szczepaniak W., Przygocka-Cyna K., Biber M., Spizewski T. The sources of nutrients for the growing ear of winter wheat in the critical cereal window. *Agronomy*. 2024. Vol. 14. P. 3018. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14123018>
3. FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO. The State of Food Security and Nutrition in the World 2024 – Financing to end hunger, food insecurity and malnutrition in all its forms. Rome, 2024. 286 p. DOI: <https://doi.org/10.4060/cd1254en>
4. Havryliuk I., Kovalyshyna H. Characteristics of soft winter wheat varieties by crop structure and grain quality indicators. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2024. Vol. 28(4). P. 68–84. DOI: <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/4.2024.68>
5. Spanic V., Lalic Z., Berakovic I., Jukic G., Varnica I. Morphological characterization of 1322 winter wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties from EU referent collection. *Agriculture*. 2024. Vol. 14. P. 551. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14040551>
6. Sharma I.; Tyagi B. S., Singh G., Venkatesh K., Gupta O. P. Enhancing wheat production – A global perspective. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2015. No 85. P. 3–13. DOI: 10.56093/ijas.v85i1.45935
7. Juraev D. T., Dilmurodov Sh. D., Kayumov N. Sh., Xujakulova S. R., Karshiyeva U. Sh. Evaluating genetic variability and biometric indicators in bread wheat varieties: Implications for modern selection methods. *Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research*. 2023. Vol. 10, No. 4. P. 335–351. DOI: <https://doi.org/10.9734/AJAHR/2023/v10i4275>
8. Dilmurodov Sh. D., Boysunov N. B., Kayumov N. Sh., Shodiyev Sh. Sh., Abdimajidov J. R. Productivity, quality and technological characteristics of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) variety and lines for the southern regions of the Republic of Uzbekistan. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*. 2021. Vol. 22 (7–8). P. 63–74.
9. Spanic V., Jukic G., Zoric M., Varnica I. Some agronomic properties of winter wheat genotypes grown at different locations in Croatia. *Agriculture*. 2024. Vol. 14. P. 4. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14010004>
10. Ray D. K., Mueller N. D., West P. C., Foley J. A. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *PLoS ONE*. 2013. Vol. 8. e66428. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066428>
11. Леонов О. Ю., Усова З. В., Суворова К. Ю., Хухрянська М. М. Елементи продуктивності пшениці м'якої озимої як складова адаптивності. *Аграрні інновації*. 2025. № 34. С. 208–216. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.34.30>

12. Коновалов Д. В., Поліщук В. В., Карпук Л. М., Чухлеб С. Л., Шкляр В. Д. Формування сортових ресурсів пшениці озимої. *Агробіологія*. 2023. № 1. С. 83–90. DOI: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-83-90
13. Баган А. В., Юрченко С. О., Шакалій С. М. Мінливість нащадків різних морфологічних частин колоса сортів пшениці м'якої озимої за кількісними ознаками. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 4. С. 33–35.
14. Li Y., Tao F., Hao Y., Tong J., Xiao Y., He Z., Reynolds M. Variations in phenological, physiological, plant architectural and yield-related traits, their associations with grain yield and genetic basis. *Ann. Bot.* 2023. Vol. 131. P. 503–519. DOI: 10.1093/aob/mcad003
15. Долгалёва Ю. А., Лозінський М. В., Самойлик М. О., Дубова О. А., Філіцька О. О., Устинова Г. Л. Особливості формування озерненості головного колоса у спельтоподібних чорнобильських радіомутантів пшениці озимої. *Аграрні інновації*. 2025. № 32. С. 263–271. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.32.37>
16. Жупина А. Ю., Базалій Г. Г., Усик Л. О., Марченко Т. Ю., Лавриненко Ю. О. Успадкування довжини колоса гібридами пшениці озимої різного еколого-генетичного походження в умовах зрошення. *Аграрні інновації*. 2022. № 11. С. 74–82. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.11.10>
17. Філіцька О. О. Особливості успадкування довжини головного колоса за гібридизації різних за висотою сортів пшениці м'якої озимої. *Аграрні інновації*. 2022. № 16. С. 143–149. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.16.22>
18. Dowla M. N. U., Edwards I., O'Hara G., Islam S., Ma W. Developing wheat for improved yield and adaptation under a changing climate: optimization of a few key genes. *Research Crop Genetics and Breeding*. 2018. No 4. P. 514–522. DOI: 10.1016/j.eng.2018.06.005
19. Padalka O. I., Muzafarova V. A., Ryabchun V. K., Petuchova I. A., Boguslavskiy R. L. Spring durum wheat trait collection by a set of valuable economic features – a source of starting material for breeding. *Генетичні ресурси рослин*. 2016. № 19. С. 48–57.
20. Bazalii V. V., Boichuk I. V., Lavrynenko Yu. O., Bazalii H. H., Domaratskyi Ye. O., Larchenko O. V. Problems and productivity of winter wheat varieties selection with increased environmental stability. *Factors of experimental evolution of organisms*. 2019. Vol. 24. P. 20–25. DOI: <https://doi.org/10.7124/FEEO.v24.1072>
21. Lozinskiy M., Burdenyuk-Tarasevych L., Grabovskyi M., Lozinska T., Sabadyn V., Sidorova I., Panchenko T., Fedoruk Y., Kumanska Y. Evaluation of selected soft winter wheat lines for main ear grain weight. *Agronomy Research*. 2021. Vol. 19(2). P. 540–551. DOI: <https://doi.org/10.15159/AR.21.071>
22. Wu X., Chang X., Jing R. Genetic insight into yield-associated traits of wheat grown in multiple rain-fed environments. *PLoS ONE*. 2012. Vol. 7. e31249. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031249>
23. Hyles J., Bloomfield M. T., Hunt J. R., Trethowan R. M., Trevaskis B. Phenology and related traits for wheat adaptation. *Heredity*. 2020. Vol. 125. P. 417–430. DOI: 10.1038/s41437-020-0320-1
24. Ермантраут Е. Р., Карпук Л. М., Вахний С. П., Козак Л. А., Павліченко А. А., Філіпова Л. М. Методика наукових досліджень. Біла Церква : ТОВ «Білоцерківдрук», 2018. 104 с.
25. Опря А. Т., Дорогань-Писаренко Л. О., Єгорова О. В., Кононенко Ж. А. Статистика: навчальний посібник. Київ: Центр учбової літератури, 2014. 536 с.
26. Базалій В. В., Лавриненко Ю. О., Ларченко О. В. Селекційна цінність та адаптивність різних морфобіотипів озимої пшениці залежно від умов вирощування. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2025. Том 37. С. 7–10. DOI: <https://doi.org/10.7124/FEEO.v37.1738>
27. Дубовик Н. С., Гуменюк О. В., Кириленко В. В. Довжина головного колоса у гібридів F<sub>1</sub> *Triticum aestivum* L., створених за участі носіїв пшенично-житніх транслокацій. *Миронівський вісник*. 2017. № 5. С. 56–69.

## REFERENCES:

1. Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., & Befort, B. L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108, 20260–20264. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1116437108>
2. Grzebisz, W., Szczepaniak, W., Przygocka-Cyna, K., Biber, M. & Spizewski, T. (2024). The sources of nutrients for the growing ear of winter wheat in the critical cereal window. *Agronomy*, 14, 3018. doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy14123018>
3. FAO, IFAD, UNICEF, WFP & WHO (2024). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2024 – Financing to end hunger, food insecurity and malnutrition in all its forms*. Rome. doi: <https://doi.org/10.4060/cd1254en>
4. Havryliuk, I. & Kovalyshyna H. (2024). Characteristics of soft winter wheat varieties by crop structure and grain quality indicators. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 28(4), 68–84. doi: <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/4.2024.68>
5. Spanic, V., Lalic, Z., Berakovic, I., Jukic, G. & Varnica I. (2024). Morphological characterization of 1322 winter wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties from EU referent collection. *Agriculture*, 14, 551. doi: <https://doi.org/10.3390/agriculture14040551>
6. Sharma, I.; Tyagi, B. S., Singh, G., Venkatesh, K. & Gupta, O. P. (2015). Enhancing wheat production – A global perspective. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 85, 3–13. doi: 10.56093/ijas.v85i1.45935
7. Juraev, D. T., Dilmurodov, Sh. D., Kayumov, N. Sh., Xujakulova, S. R. & Karshiyeva, U. Sh. (2023). Evaluating genetic variability and biometric indicators in bread wheat varieties: Implications for modern selection methods. *Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research*, 10(4), 335–351. doi: <https://doi.org/10.9734/AJAH/2023/v10i4275>
8. Dilmurodov, Sh. D., Boysunov, N. B., Kayumov, N. Sh., Shodiyev, Sh. Sh. & Abdimajidov, J. R. (2021). Productivity, quality and technological characteristics of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) variety and lines for the southern regions of the Republic of Uzbekistan. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 22 (7–8), 63–74.

9. Spanic, V., Jukic, G., Zoric, M. & Varnica, I. (2024). Some agronomic properties of winter wheat genotypes grown at different locations in Croatia. *Agriculture*, 14, 4. doi: <https://doi.org/10.3390/agriculture14010004>
10. Ray, D. K., Mueller, N. D., West, P. C. & Foley, J. A. (2013). Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *PLoS ONE*, 8, e66428. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0066428>
11. Leonov, O. Yu., Usova, Z. V., Suvorova, K. Yu., Khukhrianska, M. M. (2025). Elementy produktyvnosti pshenytsi miakoi ozymoi yak skladova adaptivnosti [Performance components of winter bread wheat as a constituent of adaptability]. *Ahrarni innovatsii*, 34, 208–216. doi: <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2025.34.30> [in Ukrainian].
12. Kononov, D. V., Polishchuk, V. V., Karpuk, L. M., Chukhlieb, S. L. & Shklier, V. D. (2023). Formuvannia sortovykh resursiv pshenytsi ozymoi [Formation of varietal resources of winter wheat]. *Ahrobiolohiia*, 1, 83–90. doi: [10.33245/2310-9270-2023-179-1-83-90](https://doi.org/10.33245/2310-9270-2023-179-1-83-90) [in Ukrainian].
13. Bahan, A. V., Yurchenko, S. O. & Shakalii, S. M. (2012). Minlyvist nashchadiv riznykh morfologichnykh chastyn kolosa sortiv pshenytsi miakoi ozymoi za kilksnymy oznakamy [Variability in the quantitative traits of progeny from different morphological parts of the ear in soft winter wheat varieties]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 4, 33–35. [in Ukrainian].
14. Li, Y., Tao, F., Hao, Y., Tong, J., Xiao, Y., He, Z. & Reynolds, M. (2023). Variations in phenological, physiological, plant architectural and yield-related traits, their associations with grain yield and genetic basis. *Ann. Bot.*, 131, 503–519. doi: [10.1093/aob/mcad003](https://doi.org/10.1093/aob/mcad003)
15. Dolhalova, Yu. A., Lozinskyi, M. V., Samoilyk, M. O., Dubova, O. A., Filitska, O. O. & Ustynova, H. L. (2025). Osoblyvosti formuvannia ozernenosti holovnoho kolosa u speltopodibnykh chornobylyskyykh radiomutantiv pshe-nytsi ozymoi [Peculiarities of grain number formation in the main spike of spelt-like Chornobyl radiomutants of winter wheat]. *Ahrarni innovatsii*, 32, 263–271. doi: <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2025.32.37> [in Ukrainian].
16. Zhupyna, A. Yu., Bazalii, H. H., Usyk, L. O., Marchenko, T. Yu., Lavrynenko, Yu. O. (2022). Uspadkuvannia dovzhyny kolosa hibrydamy pshenytsi ozymoi riznoho ekoloho-henetychnoho pokhodzhen-nya v umovakh zroshennia [Inheritance of ear length by winter wheat hybrids of different ecological and genetic origin under irrigation conditions]. *Ahrarni innovatsii*, 11, 74–82. doi: <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2022.11.10> [in Ukrainian].
17. Filitska, O. O. (2022). Osoblyvosti uspadkuvannia dovzhyny holovnoho kolosa za hibrydzatsii riznykh za vysotoiu sortiv pshenytsi miakoi ozymoi [Peculiarities of the inheritance of the length of the main spike in hybridisation of varieties of different height of soft winter wheat]. *Ahrarni innovatsii*, 16, 143–149. doi: <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2022.16.22> [in Ukrainian].
18. Dowla, M. N. U., Edwards, I., O'Hara, G., Islam, S. & Ma, W. (2018). Developing wheat for improved yield and adaptation under a changing climate: optimization of a few key genes. *Research Crop Genetics and Breeding*, 4, 514–522. doi: [10.1016/j.eng.2018.06.005](https://doi.org/10.1016/j.eng.2018.06.005)
19. Padalka, O. I., Muzafarova, V. A., Ryabchun, V. K., Petuchova, I. A. & Boguslavskiy, R. L. (2016). Spring durum wheat trait collection by a set of valuable economic features – a source of starting material for breeding. *Plant genetic resources*, 19, 48–57.
20. Bazalii, V. V., Boichuk, I. V., Lavrynenko, Yu. O., Bazalii, H. H., Domaratskyi, Ye. O. & Larchenko, O. V. (2019). Problems and productivity of winter wheat varieties selection with increased environmental stability. *Factors of experimental evolution of organisms*, 24, 20–25. doi: <https://doi.org/10.7124/FEEO.v24.1072>
21. Lozinskyi, M., Burdenyuk-Tarasevych, L., Grabovskyi, M., Lozinska, T., Sabadyn, V., Sidorova, I., Panchenko, T., Fedoruk, Y. & Kumanska, Y. (2021). Evaluation of selected soft winter wheat lines for main ear grain weight. *Agronomy Research*, 19(2), 540–551. doi: <https://doi.org/10.15159/AR.21.071>
22. Wu, X., Chang, X. & Jing, R. (2012). Genetic insight into yield-associated traits of wheat grown in multiple rain-fed environments. *PLoS ONE*, 7, e31249. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031249>
23. Hyles, J., Bloomfield, M. T., Hunt, J. R., Trethowan, R. M. & Trevaskis B. (2020). Phenology and related traits for wheat adaptation. *Heredity*, 125, 417–430. doi: [10.1038/s41437-020-0320-1](https://doi.org/10.1038/s41437-020-0320-1)
24. Ermantraut, E. R., Karpuk, L. M., Vakhnii, S. P., Kozak, L. A., Pavlichenko, A. A. & Filipova, L. M. (2018). *Metodyka naukovykh doslidzhen* [Research methodology]. Bila Tserkva: Bilotserkivdruk, 104 [in Ukrainian].
25. Opria, A. T., Dorohan-Pysarenko, L. O., Yehorova, O. V. & Kononenko Zh. A. (2014). *Statystyka: navchalnyi posibnyk* [Statistics: a study guide]. Kyiv: Tsentru uchbovoi literatury, 536 [in Ukrainian].
26. Bazalii, V. V., Lavrynenko, Yu. O. & Larchenko, O. V. (2025). Seleksiina tsinnist ta adaptivnist riznykh morfobiotypiv ozymoi pshenytsi zalezchno vid umov vyroshchuvannia [The breeding value and adaptability of different morphobiotypes of winter wheat depending on growing conditions]. *Fakty eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmv*, 37, 7–10. doi: <https://doi.org/10.7124/FEEO.v37.1738> [in Ukrainian].
27. Dubovyk, N. S., Humeniuk, O. V. & Kyrylenko, V. V. (2017). Dovzhyna holovnoho kolosa u hibrydiv F<sub>1</sub> *Triticum aestivum* L., stvorenykh za uchasti nosiiv pshenychno-zhytnikh translokatsii [The length of the main ear in F<sub>1</sub> hybrids of *Triticum aestivum* L. created using carriers of wheat-rye translocations]. *Myronivskiy visnyk*, 5, 56–69. [in Ukrainian].

**Філіцька О.О., Лозінський М.В., Самойлик М.О., Прокоп'юк Т.П., Юрченко А. І. Фенотипова і генотипова мінливість довжини головного колоса у різних за висотою сортів пшениці м'якої озимої**

**Мета.** Встановити вплив генотипу на фенотипову мінливість довжини головного колоса у різних за висотою сортів пшениці озимої м'якої з метою оцінки потенціалу їх використання у селекційних програмах.

**Методи.** У 2019–2022 рр. в умовах дослідного поля навчально-виробничого центру Білоцерківського НАУ досліджували сорти пшениці м'якої озимої, які відповідно Міжнародного класифікатора РЕВ роду *Triticum* L., за даними оригінаторів, розділені на групи за висотою рослин: низькорослі II групи (66–80 см) – Білоцерківська напівкарликова, Сонечко, Смуглянка; середньорослі I групи (81–95 см) – Донська напівкарликова, Лісова

пісня, Олеся, Колос Миронівщини; середньорослі II групи (96–110 см) – Столична, Писанка, Відрада, Альбатрос одеський; високорослі I групи (111–125 см) – Одеська 267, Ластівка одеська, Пилипівка, Чародійка білоцерківська.

Селекційний матеріал висівали ручною сівалкою з міжряддям 15 см за нормою 60 насінин на погонний метр наприкінці третьої декади вересня. Агротехніка – загальноприйнята для умов Лісостепу. Попередник – гірчиця на зерно.

Біометричний аналіз проводили за середнім зразком 25 рослин у трикратній повторності. Гомеостатичність (Hom) і селекційну цінність (Sc) розраховували за В. В. Хангільдіним і М. А. Литвиненком (1981).

**Результати.** Найбільша довжина головного колоса, за винятком сортів Білоцерківська напівкарликова, Смуглянка, Колос Миронівщини, Столична, Альбатрос одеський сформована в 2021 р. Середню за чотири роки довжину колоса (7,3 см) достовірно перевищували середньорослі сорти II групи Столична, Писанка, Альбатрос одеський (+0,3 см). Незначний розмах мінливості ознаки у 2019–2022 рр. встановлено у високорослого сорту Чародійка білоцерківська (0,6 см), середньорослого I групи Колос Миронівщини (0,8 см), низькорослого Сонечко (1,0 см) за незначного фенотипового коефіцієнта варіації – 3,2–3,9 %. Дисперсійний аналіз показав, що мінливість довжини головного колоса на 42,76 % визначалася умовами року, натомість, сорт модифікував ознаку лише на 17,59 %, а взаємодія «сорт – умови року» – 34,68 %, за частки впливу інших факторів на рівні 4,97 %. Високі показники гомеостатичності і селекційної цінності встановлено у високорослого сорту I групи Чародійка білоцерківська (Hom = 249; Sc = 6,8); середньорослого I групи Колос Миронівщини (Hom = 211; Sc = 6,7) і низькорослого II групи Сонечко (Hom = 188; Sc = 6,1), що свідчить про їх високу стабільність та адаптивний потенціал.

**Висновки.** Виділені за показниками гомеостатичності і селекційної цінності сорти Чародійка білоцерківська, Колос Миронівщини і Сонечко можуть бути використані як вихідний матеріал у селекційних програмах, направлених на створення високопродуктивних і екологічно пластичних за довжиною головного колоса генотипів пшениці м'якої озимої.

**Ключові слова:** сорт, варіабельність, продуктивність, адаптивність, гомеостатичність, селекційна цінність.

**Filitska O.O., Lozinskyi M.V., Samoilyk M.O., Prokopiuk T.P., Yurchenko A.I. Phenotypic and genotypic variability of the main spike length in soft winter wheat varieties differing in plant height**

**Purpose.** To determine the effect of genotype on the phenotypic variability of the main spike length in soft winter wheat varieties differing in plant height, in order to assess their potential for use in breeding programs.

**Methods.** During 2019–2022, under the conditions of the experimental field of the Educational and Production Center of Bila Tserkva National Agrarian University, soft winter wheat varieties were studied. According to the International Classifier of the genus *Triticum* L., based on the data of the originators, the varieties were divided into groups by plant height: short-stemmed group II (66–80 cm) – Bilotserkivska napivkarlykova, Sonechko, Smuhlianka; medium-height group I (81–95 cm) – Donska napivkarlykova, Lisova Pisnia, Olesia, Kolos Myronivshchyny; medium-height group II (96–110 cm) – Stolychna, Pysanka, Vidrada, Albatros odeskyi; tall group I (111–125 cm) – Odeska 267, Lastivka odeska, Pylypivka, Charodiika bilotserkivska.

The breeding material was sown using a manual seeder with 15 cm row spacing at a rate of 60 seeds per linear meter at the end of the third decade of September. Agronomic practices were generally accepted for the Forest-Steppe zone. The preceding crop was mustard grown for grain.

Biometric analysis was carried out on an average sample of 25 plants in three replications. Homeostaticity (Hom) and breeding value (Sc) were calculated according to V. Khangildin and M. Lytvynenko (1981).

**Results.** The greatest length of the main spike, except for the varieties Bilotserkivska napivkarlykova, Smuhlianka, Kolos Myronivshchyny, Stolychna, and Albatros odeskyi, was formed in 2021. The average spike length over four years (7.3 cm) was significantly exceeded by medium-height varieties of group II – Stolychna, Pysanka, and Albatros odeskyi (+0.3 cm). A small range of trait variability in 2019–2022 was observed in the tall variety Charodiika bilotserkivska (0.6 cm), the medium-height group I variety Kolos Myronivshchyny (0.8 cm), and the short-stemmed variety Sonechko (1.0 cm), with a low phenotypic coefficient of variation (3.2–3.9%).

Analysis of variance showed that variability in main spike length was determined by year conditions by 42.76 %, whereas the variety itself modified the trait by only 17.59 %, and the interaction “variety × year conditions” accounted for 34.68%, with other factors contributing 4.97 %. High values of homeostaticity and breeding value were observed in the tall variety of group I Charodiika bilotserkivska (Hom = 249; Sc = 6.8), the medium-height group I variety Kolos Myronivshchyny (Hom = 211; Sc = 6.7), and the short-stemmed group II variety Sonechko (Hom = 188; Sc = 6.1), indicating their high stability and adaptive potential.

**Findings.** The varieties Charodiika bilotserkivska, Kolos Myronivshchyny, and Sonechko, identified by their homeostaticity and breeding value, can be used as source material in breeding programs aimed at developing high-yielding and environmentally plastic genotypes of winter bread wheat with respect to main spike length.

**Key words:** variety, variability, productivity, adaptability, homeostaticity, breeding value.

Дата першого надходження статті до видання: 09.04.2026  
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026  
Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026



## СТРАТЕГІЯ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІДРОДЖЕННЯ ГАЛУЗІ БАВОВНИЦТВА В УКРАЇНІ

ВИТОПТОВА В.А. – науковий співробітник

[orcid.org/0000-0002-3153-8087](https://orcid.org/0000-0002-3153-8087)

Український науково-дослідний інститут продуктивності агропромислового комплексу  
(НДІ «Укragenпромпродуктивність»)

**Постановка проблеми.** Сучасна архітектура глобальної безпеки зазнає фундаментальних трансформацій, де доступ до стратегічної сировини стає ключовим фактором національної стійкості. У цьому контексті бавовник в Україні перестав розглядатися виключно як сільськогосподарська культура для потреб легкої промисловості, перетворившись на критичний ресурс оборонного значення. Основний драйвер цього процесу полягає у виробництві бездимного порошу, де бавовняна целюлоза виступає незамінним базовим компонентом. Бавовняне волокно на 90–95% складається з чистої природної целюлози, що робить його ідеальною сировиною для отримання нітроцелюлози через реакцію з нітруючими кислотами [1, 2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання економічної ефективності вирощування бавовнику досліджували як вітчизняні, так і зарубіжні науковці. Зокрема, значний внесок у вивчення проблем розвитку галузі зроблено в працях, присвячених оцінці рентабельності виробництва, формуванню собівартості продукції та впливу державної підтримки на аграрний сектор [1, 6]. У міжнародних дослідженнях [2, 3, 4, 14] значна увага приділяється порівняльному аналізу ефективності виробництва бавовнику в різних кліматичних умовах, а також впливу інноваційних технологій на зниження витрат. Проте залишається невирішеною частина проблеми, що стосується економічного обґрунтування створення локальних бавовняних кластерів в умовах активних бойових дій та дефіциту переробних потужностей, що і визначає фокус даної статті.

**Метою статті** є дослідження економічної ефективності вирощування бавовнику в Україні, аналіз структури витрат, визначення собівартості продукції та обґрунтування перспектив розвитку галузі в умовах сучасних економічних викликів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Світовий ринок металевих зарядів наразі стикається з серйозним дефіцитом, зумовленим "вузьким місцем" у ланцюгу постачання сировини. Провідні європейські виробники боєприпасів, такі як Rheinmetall та Saab, відкрито заявляють про небезпечну залежність від поставок бавовняного лінту з Китаю, частка якого

в глобальній торгівлі цією сировиною перевищує 70%. В умовах повномасштабної війни Україна змушена формувати закритий цикл виробництва засобів ураження, де власне бавовництво є фундаментом енергетичної незалежності оборонного сектору. За оцінками фахівців, потреби української оборонки становлять близько 10 000 тонн целюлози на рік, що вимагає введення в обіг мінімум 30 000 гектарів посівних площ [3, 4, 5].

Відродження бавовництва в Україні розпочалося з радикальної реформи законодавства у 2024 році. Верховна Рада ухвалила законопроект № 10427-1 «Про внесення змін до деяких законів України щодо поширення сортів бавовнику в Україні» [1], який був підписаний Президентом 14 травня 2024 року. Цей документ мав на меті усунути бюрократичні бар'єри, що десятиліттями робили вирощування цієї культури в Україні неможливим або економічно недоцільним.

Ключові законодавчі інновації включають спрощену процедуру реєстрації сортів, яка замість традиційних 2–3 років тепер триває лічені місяці без проведення тривалої кваліфікаційної експертизи на період воєнного стану та протягом двох років після його завершення. Надзвичайно важливим кроком став дозвіл на використання генетично модифікованих сортів бавовнику, реєстрація яких раніше була суворо заборонена. Це дозволяє українським аграріям використовувати передові світові досягнення селекції, спрямовані на підвищення стійкості до шкідників та гербіцидів, що є критичним для забезпечення високої врожайності в умовах зміни клімату. Крім того, спрощено процедуру введення в обіг насіння без обов'язкової сертифікації насіннєвого матеріалу, що дало змогу оперативно ввезти на територію України німецькі, турецькі та американські сорти для експериментальних посівів [6].

Історичний досвід вирощування бавовнику в Україні у 1930-х та 1950-х роках супроводжувався труднощами через брак тепла та недостатню довжину вегетаційного періоду. Проте сучасні кліматичні зміни кардинально змінили агроєкологічну карту країни. Спостерігається зміщення кліматичних смуг приблизно на 100 км на північ, що робить Одеську, Миколаївську та Херсонську області придатними для промислового бавовництва.





Клімат південних районів Одещини сьогодні порівнюють з умовами колишнього Криму, що створює оптимальне вікно для розвитку теплолюбних культур.

Бавовник демонструє високу адаптивність до екстремальних умов українського півдня. Зокрема, рослина здатна формувати врожай на незрошуваних землях, де традиційні зернові та олійні культури стають збитковими через регулярні посухи. Важливою особливістю є можливість вирощування бавовнику як монокультури протягом чотирьох років без суттєвого зниження врожайності, а також його придатність для рекультивації територій, забруднених внаслідок бойових дій.

Аналіз даних свідчить, що в аномально спекотні роки, такі як 2024, бавовник виявляється більш життєздатним, ніж соняшник. Посуха в період цвітіння соняшнику призвела до значного недобору врожаю та зниження вмісту олії в насінні, тоді як бавовник ефективно використовував високі температури для формування коробочок.

Економічна ефективність бавовництва в Україні на етапі становлення суттєво залежить від механізмів державного стимулювання. У 2025 році Кабінет Міністрів України впровадив програму фінансової допомоги аграріям у розмірі 10 000 грн на один гектар посівів бавовнику в Одеській, Миколаївській та Херсонській областях. За оцінками експертів, така субсидія покриває приблизно 50% прямих витрат на вирощування, що дозволяє фермерам знизити фінансові ризики при впровадженні нової культури [8, 9, 10].

Незважаючи на підтримку, собівартість українського бавовнику залишається високою через відсутність власної насінневої бази (імпортне насіння є дорогим) та дефіцит спеціалізованої техніки. Вартість вживаного бавовняного комбайна John Deere становить близько 250 000 доларів США, що є непідйомним для малих фермерських господарств. У зв'язку з цим, на перших етапах збір врожаю проводиться переважно вручну, що збільшує частку витрат на оплату праці у загальній структурі собівартості.

Для адекватного оцінювання конкурентоспроможності українського бавовнику необхідно звернутися до досвіду світових лідерів. Світове виробництво бавовни демонструє різні моделі ефективності: від високоmechanізованої американської до інтенсивної китайської та турецької [11, 12].

Туреччина є найбільш релевантним прикладом для України, оскільки демонструє поєднання високої

врожайності та інтенсивної державної підтримки. Уряд Туреччини надає премії за виробництво (близько 460–600 TL/MT) та стимулює використання сертифікованого насіння через бонус у розмірі 10%, що дозволило досягти 100% використання сортового насіння. В Україні наразі подібна система лише формується, а субсидія у 10 000 грн/га (близько 240 USD/га) є співмірною з міжнародними практиками підтримки на етапі запуску галузі.

У США середня врожайність варіюється залежно від штату, досягаючи 1,000–1,100 кг волокна на гектар. Американська модель базується на ефекті масштабу та повній механізації, що дозволяє утримувати національний середній показник витрат на рівні 1,288 USD/га навіть при високій вартості ресурсів.

Найбільшим бар'єром для промислового масштабування бавовництва в Україні є критичний брак інфраструктури для первинної переробки – джинування.

Будівництво сучасного заводу з джинування є капіталомістким проектом [13]: вартість будівництва заводу середньої потужності становить від 2 до 7 млн доларів США; обладнання (федери, сушарки, очисники, преси) може коштувати 2–4 млн доларів; експлуатаційні витрати становлять від 35 до 65 доларів на пакунок, причому рентабельність критично залежить від обсягу завантаження.

Кінцевою метою вирощування бавовнику в Україні є створення виробництва нітроцелюлози та порохів. Це вимагає складних технологічних рішень та значних інвестицій у хімічну промисловість.

Нітроцелюлоза виробляється шляхом етерифікації целюлози азотною кислотою в присутності сірчаної кислоти як каталізатора. Для отримання військового піроксиліну необхідно використовувати якісну сировину з довжиною волокна до 0,15 мм.

Незважаючи на високу стратегічну привабливість, бавовняна галузь в Україні стикається з низкою суттєвих ризиків. Згідно з опитуваннями ЕВА, найбільшими бар'єрами для інвестування залишаються безпекова ситуація (68%), корупція (47%) та слабе верховенство права (34%) [14].

Специфічні ризики бавовництва включають:

1. Кліматична волатильність: Хоча 2024 рік був успішним через спеку, немає гарантій стабільності температурного режиму в наступні десятиліття.
2. Технологічна залежність: Відсутність власних сортів змушує аграріїв залежати від імпорту насіння та супутніх препаратів.

Таблиця 1

#### Структура виробничих витрат та врожайність за регіонами світу

| Країна / Регіон         | Середня врожайність (волокно), кг/га | Загальні витрати, USD/га (без оренди землі) | Ключові статті витрат                      |
|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|
| США (національний сер.) | 800 – 1,100                          | 1,173                                       | Насіння, паливо, механізація               |
| Туреччина (Чукурова)    | 1,384                                | 1,430                                       | Добрива (180 USD/га), іригація             |
| Китай (материковий)     | 1,100 – 1,300                        | ~1,200                                      | Добрива (>200 USD/га), ручна праця         |
| Узбекистан              | 669 – 700                            | Дані обмежені                               | Державне регулювання, перехід до кластерів |
| Ізраїль                 | >1,500                               | >3,000                                      | Високотехнологічне зрошення, моніторинг    |

3. Логістичні витрати: Відсутність джінів у місцях вирощування змушує транспортувати бавовник-сирець (який є дуже об'ємним) на великі відстані, що з'їдає значну частку маржі.

4. Воєнні ризики: Традиційні регіони вирощування (Херсонщина, Миколаївщина) знаходяться під постійними обстрілами або є замінованими, що підвищує вартість страхування та операційні ризики.

#### Висновки і перспективи подальших досліджень.

Відродження бавовництва в Україні є не просто аграрним експериментом, а фундаментальним елементом стратегії виживання держави в умовах тривалого конфлікту. Економічна ефективність галузі на початковому етапі забезпечується державною підтримкою у 10 000 грн/га, що робить бавовник привабливою альтернативою традиційним культурам у посушливих умовах півдня.

Для забезпечення довгострокової життєздатності галузі рекомендується:

- Створення національного насінневого фонду: Прискорення селекції власних сортів для зменшення залежності від дорогого імпорту.
- Формування державного замовлення: Гарантований викуп врожаю для потреб оборонного сектору зніме з фермерів ризики збуту.
- Стимулювання інфраструктури: Надання грантів на будівництво джінінгових заводів та закупівлю збираної техніки.
- Інтеграція в європейський безпековий простір: Створення спільних підприємств з Rheinmetall та іншими лідерами ОПК для переробки української сировини на порох за стандартами НАТО.

Україна має потенціал не лише забезпечити власні потреби в боєприпасах, а й стати ключовим постачальником стратегічної сировини для всієї Європи, заміщуючи ненадійних постачальників з Азії. Це перетворить аграрний сектор на невід'ємну частину колективної безпеки континенту, забезпечуючи економічне зростання через високу додану вартість оборонної продукції.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці ефективних технологічних карт вирощування бавовнику та оптимізації витрат з урахуванням регіональних особливостей.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Президент України підписав Закон України щодо поширення сортів бавовника в Україні. *Верховна Рада України*. 2024. 14 трав. URL: [https://www.rada.gov.ua/news/news\\_kom/249645.html](https://www.rada.gov.ua/news/news_kom/249645.html) (дата звернення: 26.03.2026).
2. Rheinmetall takes over Hagedorn-NC GmbH, securing the supply chain for propellant production. *Rheinmetall*. 2025. 7 Apr. URL: <https://www.rheinmetall.com/en/media/news-watch/news/2025/04/2025-04-07-rheinmetall-takes-over-hagedorn-nc-gmbh> (дата звернення: 26.03.2026).
3. Europe's gunpowder bottleneck: how cotton supply chains became a defence issue. *Defence Matters*. 2024. URL: <https://defencematters.eu/europes-gunpowder-bottleneck/> (дата звернення: 26.03.2026).
4. European ammunition production depends on Chinese materials. *Militarnyi*. 2024. URL: <https://militarnyi.com/>

[en/news/european-ammunition-production-depends-on-chinese-materials/](https://militarnyi.com/en/news/european-ammunition-production-depends-on-chinese-materials/) (дата звернення: 26.03.2026).

5. Бавовна і снаряди. Як Україна робить перші кроки до виробництва пороху. *ВолиньPost*. 2024. URL: [https://www.volynnews.com/blogs/blog\\_481/bavovna-i-snariady-yak-ukrayina-robyt-pershi-kroky-dovyrobnytstva-porokh/](https://www.volynnews.com/blogs/blog_481/bavovna-i-snariady-yak-ukrayina-robyt-pershi-kroky-dovyrobnytstva-porokh/) (дата звернення: 26.03.2026).
6. В Україні стимулюють вирощування бавовнику для виробництва. *The Page*. 2025. URL: <https://thepage.ua/ua/economy/v-ukrayini-stimulyuyut-viroshuvannya-bavovnika-dlya-virobnictva-porohu> (дата звернення: 26.03.2026).
7. Бавовна для оборонки: аграріям можуть виплатити по 10 тис. грн за гектар у 2025 році. *Delo.ua*. 2025. URL: <https://delo.ua/news/bavovna-dlya-oboronki-agrariyam-mozut-viplatiti-po-10-tis-grn-za-gektar-u-2025-roci-445498/> (дата звернення: 26.03.2026).
8. Підтримка агросектору у 2025 році: державні програми охопили десятки тисяч сільгоспвиробників. *Міністерство економіки України*. 2025. URL: <https://me.gov.ua/News/Detail/bfb717db-0ed5-4cfc-9084-6dbefb568fd3> (дата звернення: 26.03.2026).
9. Government to provide support for farmers growing cotton. *Cabinet of Ministers of Ukraine*. 2025. 20 Mar. URL: <https://www.kmu.gov.ua/en/news/uriad-nadast-dopomohu-fermeram-na-vyroshchuvannia-bavovnyku> (дата звернення: 26.03.2026).
10. В ДАР стартував прийом заявок на субсидію для виробників бавовнику – 10 000 грн/га. *Kurkul.com*. 2025. 10 черв. URL: <https://kurkul.com/news/38784-v-dar-startuvav-priyom-zayavok-na-subsidiyu-dlya-virobnikiv-bavovniku--10-000-grn-ga> (дата звернення: 26.03.2026).
11. Hudson D., Liu B. Global Cotton Outlook 2022/23 – 2031/32. *Texas Tech University*. 2022. URL: [https://www.depts.ttu.edu/aaec/icac/pubs/cotton/global\\_cotton\\_baselines/Final\\_Baseline\\_Mar2022.pdf](https://www.depts.ttu.edu/aaec/icac/pubs/cotton/global_cotton_baselines/Final_Baseline_Mar2022.pdf) (дата звернення: 26.03.2026).
12. Costs of Producing Cotton in the World. *International Cotton Advisory Committee (ICAC)*. 2024. URL: [https://www.icac.org/wp-content/uploads/2024/12/03-HBASAL\\_TURKEY-COTTON-REPORT2.pdf](https://www.icac.org/wp-content/uploads/2024/12/03-HBASAL_TURKEY-COTTON-REPORT2.pdf) (дата звернення: 26.03.2026).
13. Cost of Ginning Cotton. *Texas Tech University*. 1999. URL: <https://ttu-ir.tdl.org/server/api/core/bitstreams/af39f3f8-7660-4120-b561-344a7dee7e64/content> (дата звернення: 26.03.2026).
14. 8 з 10 іноземних інвесторів цікавляться можливостями відновлення України – опитування ЕБА та GB4U. *European Business Association*. 2025. URL: <https://eba.com.ua/8-z-10-inozemnyh-investoriv-tsikavlyatsya-mozhlyvostyamy-vidnovlennya-ukrayiny-opytuvannya-yeba-ta-gb4u/> (дата звернення: 26.03.2026).

#### REFERENCES:

1. Prezydent Ukrainy pidpysav Zakon Ukrainy shchodo poshyrennia sortiv bavovnyka v Ukraini [President of Ukraine signed the Law of Ukraine on the distribution of cotton varieties in Ukraine]. Kyiv: Verkhovna Rada Ukrainy. Available at: [https://www.rada.gov.ua/news/news\\_kom/249645.html](https://www.rada.gov.ua/news/news_kom/249645.html) (accessed 26.03.2026) [in Ukrainian].
2. Rheinmetall takes over Hagedorn-NC GmbH, securing the supply chain for propellant production. Rheinmetall

- Available at: <https://www.rheinmetall.com/en/media/news-watch/news/2025/04/2025-04-07-rheinmetall-takes-over-hagedorn-nc-gmbh> (accessed 26.03.2026).
3. Europe's gunpowder bottleneck: how cotton supply chains became a defence issue. Defence Matters Available at: <https://defencematters.eu/europes-gunpowder-bottleneck/> (accessed 26.03.2026).
  4. European ammunition production depends on Chinese materials. Military Available at: <https://military.com/en/news/european-ammunition-production-depends-on-chinese-materials/> (accessed 26.03.2026).
  5. Bavovna i snariady. Yak Ukraina robyt pershi kroky do vyrobnytstva porokhu [Cotton and shells. How Ukraine is taking the first steps towards gunpowder production]. Luts'k: VolynPost. Available at: [https://www.volynnews.com/blogs/blog\\_481/bavovna-i-snariady-yak-ukrayina-robyt-pershi-kroky-do-vyrobnytstva-porokh/](https://www.volynnews.com/blogs/blog_481/bavovna-i-snariady-yak-ukrayina-robyt-pershi-kroky-do-vyrobnytstva-porokh/) (accessed 26.03.2026) [in Ukrainian].
  6. V Ukraini stymuliuiut vyroshchuvannya bavovnyka dlia vyrobnytstva porokhu [Ukraine stimulates the cultivation of cotton for gunpowder production]. Kyiv: The Page. Available at: <https://thepage.ua/ua/economy/v-ukrayini-stimulyuyut-viroshchuvannya-bavovnika-dlya-vyrobnytstva-porokhu> (accessed 26.03.2026) [in Ukrainian].
  7. Bavovna dlia oboronky: ahrariiam mozhut vyplatyty po 10 tys. hrn za hektar u 2025 rotsi [Cotton for the defense industry: farmers may be paid 10,000 UAH per hectare in 2025]. Kyiv: Delo.ua. Available at: <https://delo.ua/news/bavovna-dlya-oboronki-agrariyam-mozut-vyplatyty-po-10-tis-grn-za-hektar-u-2025-roci-445498/> (accessed 26.03.2026) [in Ukrainian].
  8. Pidtrymka ahrosektoru u 2025 rotsi: derzhavni prohramy okhopyly desiatky tysiach silhospyrobnykiv [Support for the agricultural sector in 2025: state programs covered tens of thousands of agricultural producers]. Kyiv: Ministerstvo ekonomiky Ukrainy. Available at: <https://me.gov.ua/News/Detail/bfb717db-0ed5-4cfc-9084-6dbef568fd3> (accessed 26.03.2026) [in Ukrainian].
  9. Government to provide support for farmers growing cotton. Cabinet of Ministers of Ukraine Available at: <https://www.kmu.gov.ua/en/news/uriad-nadast-dopomohu-fermeram-na-vyroshchuvannya-bavovnyku> (accessed 26.03.2026).
  10. V DAR startuvav priiom zaiavok na subsydiu dlia vyrobnykiv bavovnyka – 10 000 hrn/ha [The DAR started accepting applications for subsidies for cotton producers – 10,000 UAH/ha]. Kurkul.com Available at: <https://kurkul.com/news/38784-v-dar-startuvav-priiom-zayavok-na-subsidiyu-dlya-virobnikiv-bavovnyku--10-000-grn-ga> (accessed 26.03.2026) [in Ukrainian].
  11. Hudson, D., & Liu, B. (2022). Global Cotton Outlook 2022/23 – 2031/32. Texas Tech University. Available at: [https://www.depts.ttu.edu/aaec/icac/pubs/cotton/global\\_cotton\\_baselines/Final\\_Baseline\\_Mar2022.pdf](https://www.depts.ttu.edu/aaec/icac/pubs/cotton/global_cotton_baselines/Final_Baseline_Mar2022.pdf) (accessed 26.03.2026).
  12. Costs of Producing Cotton in the World. International Cotton Advisory Committee Available at: [https://www.icac.org/wp-content/uploads/2024/12/03-HBASAL\\_TURKEY-COTTON-REPORT2.pdf](https://www.icac.org/wp-content/uploads/2024/12/03-HBASAL_TURKEY-COTTON-REPORT2.pdf) (accessed 26.03.2026).
  13. Cost of Ginning Cotton. Texas Tech University Available at: <https://ttu-ir.tdl.org/server/api/core/bitstreams/af39f3f8-7660-4120-b561-344a7dee7e64/content> (accessed 26.03.2026).
  14. 8 z 10 inozemnykh investoriv tsikavliatsia mozhlyvostiamy vidnovlennia Ukrainy – opytuvannia EBA ta GB4U [8 out of 10 foreign investors are interested in the restoration opportunities of Ukraine – survey by EBA and GB4U]. Kyiv: European Business Association. Available at: <https://eba.com.ua/8-z-10-inozemnykh-investoriv-tsikavlyatsiya-mozhlyvostiamy-vidnovlennya-ukrayiny-opytuvannya-yeba-ta-gb4u/> (accessed 26.03.2026) [in Ukrainian].
- Витоптова В.А. Стратегія та економічна ефективність відродження галузі бавовництва в Україні**
- Мета.** Дослідження спрямоване на оцінку економічної ефективності та стратегічної необхідності вирощування бавовнику в Україні в умовах забезпечення національної безпеки та трансформації аграрного сектору в період воєнного стану. Робота фокусується на створенні внутрішньої сировинної бази для оборонної промисловості з метою досягнення технологічного суверенітету у виробництві боєприпасів. **Методологія.** У дослідженні використано системний підхід, що включає порівняльний аналіз світових моделей виробництва (США, Туреччина, Центральна Азія), динамічний аналіз законодавчих реформ в Україні та структурне моделювання виробничих витрат. Статистичні методи були застосовані для оцінки впливу кліматичних змін на агроекологічні зони, а методи економічного прогнозування дозволили оцінити дієвість програм державної підтримки. **Результати.** Відродження українського бавовництва зумовлене передусім проблемою «порохового голоду» в Європі та критичною залежністю виробників боєприпасів від китайської бавовняної сировини. Законодавча реформа 2024 року (Закон № 10427-1) усунула ключові бюрократичні бар'єри, спростивши процедуру реєстрації сортів до одного місяця та дозволивши використання спеціалізованого насіннєвого матеріалу для промислових потреб. Аналіз підтверджує, що глобальне потепління змінило суму активних температур, змістивши придатні зони вирощування бавовнику на 100 км на північ, що робить Одеську, Миколаївську та Херсонську області оптимальними для промислового культивування. Важливим економічним висновком є роль державної субсидії 2025 року (10 000 грн/га), яка покриває близько 50% прямих витрат на виробництво. В умовах посилення посух бавовник демонструє вищу біологічну стійкість порівняно з традиційними культурами, такими як соняшник, що зазнав значних втрат врожайності у 2024 році. Запропонована економічна модель орієнтована на задоволення внутрішнього попиту в обсязі 10 000 тонн целюлози на рік, що стане фундаментом для створення кластеру з виробництва нітроцелюлози замкненого циклу у синергії з міжнародними партнерами, зокрема компанією Rheinmetall. **Практичне значення.** Дослідження пропонує комплексну дорожню карту створення вертикально інтегрованої галузі «від поля до снаряда». Обґрунтовано необхідність локалізації насіннєвих банків та поетапного інвестування в інфраструктуру джинування. Вартість будівництва сучасного заводу первинної переробки оцінюється у 2–7 млн дол. США, тоді як мобільне обладнання для очищення коштує від 2 до 4 млн дол. США. Визначено, що на перехідному етапі стратегія ручного збору є більш економічно доцільною через високу вартість спеціалізованої техніки. **Наукова**

**новизна.** Вперше обґрунтовано комплексну економічну модель бавовняного оборонного кластеру в Україні з урахуванням військово-стратегічних ризиків, нових кліматичних реалій та міжнародної оборонної кооперації. Бавовник визначено не просто як сільськогосподарську культуру, а як критичний елемент національної енергетичної та оборонної незалежності.

**Ключові слова:** бавовник, собівартість виробництва, рентабельність, економіка АПК, аграрний сектор, державна підтримка, ефективність виробництва

**Vytopova V.A. Strategy and Economic Efficiency of Reviving the Cotton Industry in Ukraine**

**Purpose.** The research aims to evaluate the economic efficiency and strategic necessity of cotton cultivation in Ukraine within the context of national security and the transformation of the agricultural sector under martial law. The study focuses on creating a domestic raw material base for the defense industry to ensure technological sovereignty in ammunition production. **Methodology.** The study employs a systematic approach, including a comparative analysis of global production models (USA, Turkey, Central Asia), dynamic analysis of legislative reforms in Ukraine, and structural modeling of production costs. Statistical methods were used to evaluate the impact of climate change on agro-ecological zones, while economic forecasting helped assess the effectiveness of state support programs. **Findings.** The revival of Ukrainian cotton farming is primarily driven by the "gunpowder bottleneck" in Europe and the critical dependency of ammunition manufacturers on Chinese cotton linters. The 2024 legislative reform (Law No. 10427-1) removed significant bureaucratic barriers by simplifying the registration of varieties to just one month and allowing the use of specialized

seeds for industrial purposes. Analysis shows that global warming has shifted the sum of active temperatures, moving suitable cotton-growing zones 100 km north, making Odesa, Mykolaiv, and Kherson regions optimal for industrial cultivation. A critical economic finding is the impact of the 2025 government subsidy (10,000 UAH/ha), which covers approximately 50% of direct production costs. In the face of increasing droughts, cotton demonstrates higher biological resilience than traditional crops like sunflower, which suffered significant yield losses in 2024. The proposed economic model aims to meet a domestic demand of 10,000 tons of cellulose annually, forming the basis for a closed-cycle nitrocellulose production cluster in synergy with international partners like Rheinmetall. **Practical Value.** The research provides a comprehensive roadmap for establishing a vertical integrated "field-to-shell" industry. It highlights the necessity of localized seed banks and gradual investment in ginning infrastructure. Building a modern primary processing plant is estimated at \$2–7 million USD, while mobile ginning equipment costs range from \$2–4 million USD. The study identifies that during the transition period, manual harvesting strategies are more economically viable due to the high cost of specialized machinery. **Originality.** For the first time, a comprehensive economic model for a cotton-based defense cluster in Ukraine is justified, integrating military-strategic risks, new climate realities, and international defense cooperation. The study defines cotton not merely as a crop, but as a critical element of national energy and defense independence.

**Key words:** cotton production, cost of production, profitability, agricultural economics, agro-industrial complex, state support, defense industry, nitrocellulose, climate change, production efficiency.

Дата першого надходження статті до видання: 14.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

## ІНФРАСТРУКТУРА ЗЕРНОВОГО РИНКУ УКРАЇНИ: ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА

ГУТОРОВА О.О. – кандидат економічних наук, доцент

[orcid.org/0000-0003-4705-5482](https://orcid.org/0000-0003-4705-5482)

Державний біотехнологічний університет

**Постановка проблеми.** Зерновий підкомплекс є стратегічним фундаментом аграрного сектору та головним джерелом валютних надходжень України. Проте ефективність його функціонування критично залежить від стану інфраструктури – складної системи, що об'єднує елеваторне господарство, транспортні мережі та цифрові сервіси. У теоретичному аспекті інфраструктура має забезпечувати безперебійний рух продукції та мінімізацію витрат. Проте на практиці український зерновий ринок зіткнувся з безпрецедентними викликами: фізичним руйнуванням об'єктів, блокуванням традиційних логістичних шляхів та енергетичною кризою.

На сьогодні спостерігається суттєвий дисбаланс між наявними потужностями зберігання та реальними потребами експорту. Теоретичні моделі розвитку інфраструктури, що розроблялися до 2022 року, потребують докорінного перегляду через: логістичну вразливість (необхідність переорієнтації з глибоководних портів на залізничні та річкові вузли виявила технічну неготовність прикордонної інфраструктури (різниця колій, пропускна здатність терміналів)); дефіцит енергонезалежності (традиційні технології сушіння та зберігання зерна виявилися вразливими до дефіциту електроенергії та природного газу); інвестиційні ризики (висока вартість залучення капіталу в умовах війни гальмує модернізацію лінійних елеваторів та впровадження інноваційних рішень).

Таким чином, виникає гостра наукова та практична потреба у дослідженні механізмів адаптації зернової інфраструктури до нових геополітичних реалій, що дозволить зберегти конкурентоспроможність українського зерна на світовому ринку.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання розбудови та функціонування інфраструктури зернового ринку постійно перебувають у центрі уваги провідних вітчизняних науковців. Теоретичні та методичні засади формування ринкової інфраструктури закладені у працях таких вчених, як В. Г. Андрійчук [1], М. Й. Малік [2], П. Т. Саблук [3], О. М. Шпичак [2, 4]. Вони розглядали інфраструктуру як комплекс галузей та сфер діяльності, що створюють умови для ефективного обігу сільськогосподарської продукції.

Проблеми логістичного забезпечення та розвитку елеваторного господарства в допандемійний та дотеперішній період детально досліджували О. М. Варивода [5], С. І. Дем'яненко [6], М. В. Калінчик [7]. У їхніх роботах акцент робився на необхідності нарощування

потужностей портових терміналів та модернізації технічної бази лінійних елеваторів.

Вагомий внесок у дослідження інноваційних шляхів розвитку аграрного сектору та адаптації рослинництва до сучасних умов роблять науковці Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН. Зокрема, фундаментальні аспекти продуктивності зернових культур та систем землеробства в умовах змін клімату висвітлені у працях Р. А. Вожегової, яка акцентує на необхідності впровадження інноваційних систем для забезпечення стратегічного розвитку агросектору [8, 9, 10]. Питання селекції, насінництва та технологічних чинників якості зерна, що є першоосновою інфраструктурного ланцюга, досліджують Заєць С. О. [9], Ю. О. Лавриненко, Т. Ю. Марченко, О. О. Пілярська, В. О. Скакун [10].

Проте, попри глибоке вивчення технологічних аспектів виробництва зерна, питання комплексної інфраструктурної трансформації (логістика, елеваторне господарство, енергозалежність терміналів) у контексті нових експортних реалій потребують додаткового аналізу. Це й зумовлює необхідність нашого дослідження.

**Метою** статті є теоретичне обґрунтування складників інфраструктури зернового ринку та комплексний аналіз практичного стану її функціонування в сучасних умовах України, а також визначення пріоритетних напрямів модернізації логістичних та елеваторних потужностей для забезпечення стійкості експортного потенціалу держави.

**Результати досліджень.** У теоретичному аспекті інфраструктуру зернового ринку слід розглядати як цілісну сукупність взаємопов'язаних галузей, інститутів та об'єктів, що забезпечують безперервне функціонування процесу руху зерна від виробника до споживача, сприяють формуванню ринкової ціни та мінімізації транспортних витрат.

Структурна модель інфраструктури як цілісної системи включає такі підсистеми:

- виробничо-технологічна підсистема (складське господарство) – лінійні елеватори (первинне приймання, доробка (очищення, сушіння) та зберігання зерна), портові термінали – накопичення суднових партій та високошвидкісне відвантаження на експорт, мобільні потужності – використання полімерних рукавів та тимчасових складів (адаптація до дефіциту стаціонарних об'єктів);
- транспортно-логістична підсистема – залізничний сегмент (парк вагонів-зерновозів, локомотивна тяга та



прикордонні перевалочні вузли («сухі порти»)), водний сегмент (морські глибоководні порти, річкова логістика (Дунай, Дніпро) та флот (баржі, балкери)), автомобільний сегмент (спеціалізований автотранспорт для коротких та середніх плечей перевезень);

- фінансово-кредитна та ринкова підсистема – торговельні інститути (зернові біржі, трейдерські компанії, брокери), інструменти фінансування (банківське кредитування під заставу зерна (складські свідоцтва), аграрні розписки, страхування ризиків);

- інформаційно-цифрова підсистема – системи простежуваності (електронний облік зерна, GPS-моніторинг логістики), цифрові платформи (сервіси для фрахтування транспорту, онлайн-торгівлі та моніторингу цін);

- нормативно-правова підсистема – державне регулювання (Зерновий меморандум, ліцензування), система сертифікації якості та фітосанітарного контролю.

Цілісність системи забезпечується синергією всіх підсистем. Збій у роботі однієї ланки (наприклад, блокування морських портів) вимагає миттєвої переорієнтації на залізничну та цифрову інфраструктуру, що підтверджує адаптивний характер сучасної зернової логістики України.

Теоретична модель інфраструктури як цілісної системи передбачає збалансований розвиток усіх її компонентів для забезпечення безперервного руху зернових потоків. Проте в умовах воєнного стану теоретичний конструкт зернового ринку України зазнав суттєвої деформації під впливом екзогенних чинників. Це зумовлює необхідність переходу від статичного опису структури до динамічного аналізу трансформацій, що відбулися у ключовій ланці системи – складському та перевалочному господарстві.

Саме адаптивність виробничо-технологічної підсистеми до втрат активів та потреби у релокації потужностей стала визначальним фактором виживання галузі, що потребує детального кількісного та якісного аналізу динаміки змін у складських та перевалочних потужностях.

Трансформація складської інфраструктури протягом 2022–2024 років відбувалася під впливом трьох факторів: фізичного руйнування, територіального переміщення (релокації) та технологічної адаптації.

До 2022 року в Україні функціонувало близько 1200 об'єктів зберігання (сертифіковані елеватори та складські приміщення) загальною потужністю 57 млн тонн. Станом на 2024 рік втрачено (окуповано або зруйновано) близько 10–13 млн тонн потужностей. Найбільших втрат зазнали Миколаївська, Херсонська та Харківська області [11]. Спостерігається критичне перевантаження елеваторів у західних та центральних регіонах, де потужності використовуються на 110–120% через переорієнтацію експортних потоків до сухопутних кордонів [12].

Практика 2023–2024 років продемонструвала розвиток нового типу перевалочних потужностей – «сухих портів» на кордоні з Польщею, Румунією, Угорщиною та Словаччиною.

Великі агрохолдинги («Кернел», МХП, «Нібулон») змістили інвестиції у будівництво мультимодальних терміналів на Заході України. Це дозволяє перевантажувати зерно з широкої колії (1520 мм) на вузьку (1435 мм), поєднуючи функції зберігання та митного оформлення.

Попри війну, у 2023 році введено в експлуатацію близько 0,5 млн тонн нових елеваторних потужностей у відносно безпечних регіонах [12].

Важливим аспектом динаміки трансформації складської інфраструктури є перехід від капітального будівництва до тимчасових рішень:

- зернові рукави (Ag-Bag): за 2022–2024 рр. використання полімерних рукавів зросло у 5 разів. Це дозволило аграріям самостійно формувати складську інфраструктуру безпосередньо у господарствах, нівелюючи ризики черг на елеваторах;

- модульні сховища: впровадження збірних металевих силосів та підлогових складів швидкого монтажу, що забезпечує гнучкість інфраструктури.

Динаміка перевалки зернових вантажів зазнала «U-подібної» траєкторії, що відображає критичне скорочення експортних потужностей на початку 2022 року, етап вимушеної розбудови альтернативної інфраструктури та подальше відновлення обсягів відвантаження через морські порти:

- Дунайський кластер (Рені, Ізмаїл, Кілія): потужності зросли з 0,5 млн тонн до 2,5–3 млн тонн на місяць. Було збудовано понад 20 нових терміналів;

- морський коридор: відновлення роботи глибоководних портів у серпні 2023 року повернуло до життя портові термінали Одеси, Чорноморська та Південного, які наразі забезпечують до 80% всього зернового експорту [13].

Сучасна структура потужностей зберігання змістилася від централізованої моделі до децентралізованої та мультимодальної, де ключову роль відіграє швидкість оборотності зерна, а не тривалість його накопичення.

Трансформація логістики зернового ринку України у 2022–2024 рр. пройшла шлях від повної блокади до створення мультимодальної системи, де кожен канал відіграє специфічну роль у забезпеченні експорту (таблиця)

Після припинення дії «Зернової ініціативи» у липні 2023 року та запуску власного морського коридору (Порти Великої Одеси), ефективність цього каналу зросла експоненціально. Цей канал забезпечує понад 80% агроекспорту. Станом на кінець 2024 року середньомісячний обсяг перевалки повернувся до довоєнних показників – 4-5 млн тонн.

Річкова логістика (Дунайський кластер – Ізмаїл, Рені) стала «рятівним колом» у 2022 році, трансформувшись із локального маршруту в потужний логістичний вузол. Кількість оброблених суден (у портовій логістиці означає судно, щодо якого повністю виконано весь комплекс технологічних, комерційних та адміністративних операцій у порту) зросла у 3,5 раза. Було впроваджено рейдову перевалку (локація Суліна-Констанца), що дозволило завантажувати великі судна безпосередньо в морі. Наразі Дунай виконує роль «запобіжного клапана». Коли глибоководні порти працюють стабільно,

Таблиця

## Порівняльна оцінка ефективності трансформації логістичних ланцюгів

| Канал логістики | Пріоритетність              | Питома вартість (\$/т) | Рівень стабільності              |
|-----------------|-----------------------------|------------------------|----------------------------------|
| Велика Одеса    | Максимальна (Global export) | \$25–35                | Залежить від безпекової ситуації |
| Дунайські порти | Висока (Regional/EU)        | \$45–55                | Стабільна, але обмежена осадкою  |
| Залізниця (ЄС)  | Середня (Transit/EU)        | \$70–90                | Обмежена пропускною здатністю    |

*Джерело: Складено та розраховано автором на основі даних Міністерства розвитку громад та територій України, звітів Української зернової асоціації (УЗА) та моніторингу логістичних витрат аналітичної платформи «АПК-Інформ» за 2024–2025 рр.*

вантажопотік на Дунаї дещо знижується через вищу собівартість перевалки (на \$15–20 за тонну дорожче за Одесу).

Залізнична інфраструктура стала головним каналом інтеграції з ринком ЄС, проте її ефективність обмежена технічними чинниками. Проте, різна ширина колії (1520 мм проти 1435 мм) створює затримки на кордонах. Ефективність перестановки візків або перевантаження обмежена потужністю терміналів – близько 1 млн тонн на місяць. Залізнична логістика до портів Гданська чи Гамбурга залишається найдорожчою (до \$80–100 за тонну), що робить українське зерно менш конкурентним на цих ринках порівняно з морським шляхом.

Найбільш ефективною моделлю для України виявилася комбінована інфраструктура. Хоча морські порти забезпечують основний обсяг, наявність розвиненого Дунайського кластеру та «сухих портів» на кордоні з ЄС створює систему «надмірності», яка гарантує продовольчу безпеку світу навіть за умов ескалації на морі.

Порівняльна оцінка логістичних каналів свідчить, що диверсифікація шляхів експорту дозволила уникнути колапсу галузі, проте значне зростання питомих витрат на транспортування та перевалку зерна критично знизило рентабельність агропромисловості. За таких умов подальше підвищення ефективності інфраструктури лежить не стільки в площині фізичного нарощування потужностей, скільки в площині якісної оптимізації процесів.

Це зумовлює перехід від кількісних показників логістики до аналізу технологічних драйверів конкурентоспроможності, серед яких визначальну роль відіграють цифровізація управління потоками та впровадження енергоефективних рішень, що мінімізують вплив цінових шоків на енергоносії та людського фактору на безпеку зернових вантажів, забезпечуючи технологічну стійкість всього ланцюга постачання в умовах тривалих воєнних та економічних ризиків.

В умовах високих логістичних витрат та безпекових ризиків, конкурентоспроможність українського зерна на світовому ринку забезпечується не лише обсягами, а й технологічною оптимізацією внутрішніх процесів. Саме цифрова трансформація, впровадження енергоефективних рішень та максимізація економічного ефекту від інновацій формують сьогодні фундамент післявоєнного відновлення галузі. Ці три чинники визначають

здатність зернової інфраструктури не просто вижити, а й еволюціонувати у високоефективну систему.

Цифрова трансформація логістичних ланцюгів виступає ключовим інструментом мінімізації простоїв та забезпечення прозорості руху зернових вантажів. Комплексне впровадження електронних товарно-транспортних накладних (e-ТТН), систем інтелектуального фрахту та сервісу eЧерга дозволяє не лише скоротити час оформлення документів на 15–20% і зменшити логістичне "плече" на 2–3 доби, а й оптимізувати собівартість зерна шляхом ліквідації порожніх пробігів транспорту та системного структурування потоків на кордоні.

Енергоефективні рішення як чинник стійкості стали стратегічною відповіддю елеваторного господарства на дефіцит потужностей та волатильність цін на енергоносії. Комплексна модернізація галузі передбачає перехід на альтернативне паливо, що знижує витрати на сушіння зерна на 30–50%, впровадження Smart-технологій та IoT-сенсорів для прецизійного збереження якості продукції, а також розвиток автономної генерації на основі сонячної електростанції (СЕС), яка покриває до чверті потреб підприємств у пікові години. Такий підхід не лише мінімізує операційні витрати, а й критично підвищує "живучість" інфраструктурних об'єктів в умовах енергетичної нестабільності.

Економічний ефект для конкурентоспроможності полягає у стратегічному переході від моделі експорту "дешевої сировини" до формування високоефективного ланцюга постачання із високою доданою технологічною вартістю. Синергія цифровізації, що мінімізує транзакційні витрати, та енергоефективного сушіння, яке гарантує стабільність якісних показників зерна, забезпечує бездоганне виконання контрактних зобов'язань. Водночас екологізація процесів через використання біопалива та СЕС приводить український агроекспорт у відповідність до вимог European Green Deal, створюючи довгострокові конкурентні переваги на преміальних ринках ЄС.

Комплексна модернізація інфраструктури через цифрову трансформацію логістики, впровадження енергоефективних технологій у зернозберігання та максимізацію економічного ефекту від оптимізації витрат формує технологічний фундамент стійкості експортного потенціалу держави, що дозволяє українському зерновому сектору зберігати глобальну



конкурентоспроможність навіть в умовах критичних безпекових та енергетичних викликів.

**Висновки.** Класична модель інфраструктури зернового ринку трансформувалася з лінійної у мережеву адаптивну систему. Сучасна інфраструктура – це не лише сукупність фізичних об'єктів (елеваторів, портів), а динамічна сукупність логістичних маршрутів, енергонезалежних технологій та цифрових платформ, що забезпечують живучість експортного потенціалу.

Практичний аналіз показав, що попри втрату близько 15–18% елеваторних потужностей, галузь продемонструвала високу адаптивність через впровадження мобільних рішень (зберігання у зернових рукавах – понад 15 млн тонн у 2024 р.) та розвиток «сухих портів» на західних кордонах. Це дозволило нівелювати дефіцит стаціонарних сховищ у критичні періоди збирання врожаю.

Ефективність трансформації логістики підтверджується відновленням домінування морського шляху (понад 80% експорту через порти Одещини) за одночасного збереження Дунайського кластеру як стратегічного резерву. Проте висока вартість залізничної логістики до портів ЄС залишається обмежувальним фактором, що потребує подальшої гармонізації митних та технічних процедур.

Синергія цифрової трансформації логістичних ланцюгів та впровадження енергоефективних технологій зберігання створює якісно нову модель функціонування зернового ринку, де конкурентоспроможність забезпечується не ціновим демпінгом, а технологічною оптимізацією витрат і гарантованою якістю продукції. Масштабування таких рішень, як е-ТТН, автоматизовані системи IoT та автономна генерація на основі СЕС, дозволяє не лише нівелювати поточні безпекові й енергетичні ризики, а й сформувати високоефективний ланцюг постачання, що відповідає сучасним вимогам сталого розвитку та забезпечує довгострокову стійкість експортного потенціалу держави.

Стратегічний вектор розбудови інфраструктури зернового ринку має базуватися на стимулюванні масштабних інвестицій у глибоку переробку зерна всередині країни, що трансформує галузь у генератора високої доданої вартості. Водночас пріоритетне спрямування капіталу в інвестиційні проекти з розбудови мультимодальних логістичних центрів дозволить диверсифікувати експортні шляхи, мінімізувати інфраструктурні ризики морських перевезень та забезпечити довгострокову стійкість національної економіки.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Андрійчук В. Г. Економіка підприємств агропромислового комплексу: підручник. Київ : КНЕУ, 2013. 779 с.
2. Малік М. Й., Шпичак О. М. Стійкий розвиток аграрного виробництва в Україні: теоретико-методологічні аспекти : монографія. Київ : ННЦ «ІАЕ», 2018. 248 с.
3. Саблук П. Т. Формування ринкової інфраструктури в агропромисловому комплексі. *Економіка АПК*. 2007. № 11. С. 3–12.
4. Шпичак О. М. Економічні проблеми відтворення та ефективності функціонування агропромислового

комплексу: монографія. Київ : ННЦ «ІАЕ», 2014. 540 с.

5. Варивода О. М. Розвиток інфраструктури зберігання зерна в Україні: сучасний стан та перспективи. *Економіка АПК*. 2019. № 4. С. 34–41.
6. Дем'яненко С. І. Менеджмент зернового господарства : навч. посіб. Київ : КНЕУ, 2005. 347 с.
7. Калінчик М. В., Калінчик О. В. Логістичне забезпечення зернового ринку України в умовах глобалізації. *Збірник наукових праць ТАТУ*. 2020. Вип. 4 (43). С. 112–119.
8. Вожегова Р. А., Боровик В. О., Грабовський М. Б., Марченко Т. Ю., Грабовська Т. О. Нішеві культури – нові можливості агропромислового комплексу України. *Аграрні інновації*. 2022. № 13. С. 181–189.
9. Вожегова Р. А., Заєць С. О. Продуктивність та економічна й енергетична ефективність вирощування зернових культур і сої при зрошенні: монографія. Київ: Аграрна наука, 2023. 152 с.
10. Вожегова Р., Лавриненко Ю., Марченко Т., Пілярська О., Скакун В. Удосконалення елементів агротехніки вирощування нових гібридів кукурудзи в умовах Центрального Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. Київ, 2023. Том 101. № 11. С. 5–10.
11. Оцінка збитків та потреб на відновлення аграрного сектору України : аналітичний звіт / Центр досліджень продовольства та землекористування KSE Institute ; за участю Міністерства аграрної політики та продовольства України. 2024. URL: kse.ua (дата звернення: 15.03.2026).
12. Елеваторна статистика України: втрати потужностей та регіональні диспропорції в умовах війни : аналітичний огляд / Elevatorist.com. 2024. URL: <https://elevatorist.com/> (дата звернення: 15.03.2026).
13. Показники роботи морських портів України за 2023–2024 рр. : аналітичний звіт / ДП «Адміністрація морських портів України». 2024. URL: [www.uspa.gov.ua](http://www.uspa.gov.ua) (дата звернення: 15.03.2026).

#### REFERENCES:

1. Andriichuk, V.H. (2013). *Ekonomika pidpriemstv ahro-promyslovoho kompleksu: pidruchnyk [Economics of agricultural enterprises: a textbook]*. Kyiv: KNEU, 779 [in Ukrainian].
2. Malik, M.I., & Shpychak, O.M. (2018). *Stiikyykh rozvytok ahramoho vyrobnytstva v Ukraini: teoretyko-metodolohichni aspekty: monohrafiia [Sustainable development of agricultural production in Ukraine: theoretical and methodological aspects: a monograph]*. Kyiv: NNTs «IAE», 248 [in Ukrainian].
3. Sabluk, P.T. (2007). *Formuvannia rynkovoi infrastruktury v ahropromyslovomu kompleksi [Formation of market infrastructure in the agro-industrial complex]*. *Ekonomika APK*, 11, 3–12 [in Ukrainian].
4. Shpychak, O.M. (2014). *Ekonomichni problemy vidtvorennya ta efektyvnosti funktsionuvannia ahro-promyslovoho kompleksu: monohrafiia [Economic problems of reproduction and efficiency of the agro-industrial complex: a monograph]*. Kyiv: NNTs «IAE», 540 [in Ukrainian].
5. Varyvoda, O.M. (2019). *Rozvytok infrastruktury zberihannia zerna v Ukraini: suchasnyi stan ta perspektyvy [Development of grain storage infrastructure in Ukraine:*

- current state and prospects]. *Ekonomika APK*, 4, 34–41 [in Ukrainian].
6. Dem'ianenko, S.I. (2005). *Menedzhment zernovoho hospodarstva: navch. posib.* [Grain management: a study guide]. Kyiv: KNEU, 346 [in Ukrainian].
  7. Kalinchyk, M.V., & Kalinchyk, O.V. (2020). Lohistychne zabezpechennia zernovoho rynku Ukrainy v umovakh hlobalizatsii [Logistical support of the grain market of Ukraine in the conditions of globalization]. *Zbirnyk naukovykh prats TATU*, 4(43), 112–119 [in Ukrainian].
  8. Vozhehova, R.A., Borovyk, V.O., Hrabovskyi, M.B., Marchenko, T.Yu., & Hrabovska, T.O. (2022). Nishevi kultury – novi mozhlyvosti ahropromyslovoho kompleksu Ukrainy [Niche crops – new opportunities for the agro-industrial complex of Ukraine]. *Ahrarni innovatsii*, 13, 181–189 [in Ukrainian].
  9. Vozhehova, R.A., & Zaiets, S.O. (2023). *Produktyvnist ta ekonomichna i enerhetychna efektyvnist vyroshchuvannia zernovykh kultur i soi pry zroshenni: monohrafiia* [Productivity, economic and energy efficiency of growing grain crops and soybeans under irrigation: a monograph]. Kyiv: Ahrarna nauka, 152 [in Ukrainian].
  10. Vozhehova, R., Lavrynenko, Yu., Marchenko, T., Piliarska, O., & Skakun, V. (2023). Udoskonalennia elementiv ahrotekhniki vyroshchuvannia novykh hibrdiv kukurudz v umovakh Tsentralnoho Lisostepu Ukrainy [Improving the elements of agricultural technology for growing new maize hybrids in the conditions of the Central Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 101(11), 5–10 [in Ukrainian].
  11. KSE Institute. (2024). Otsinka zbytkiv ta potreb na vidnovlennia ahrarnoho sektoru Ukrainy: analitychnyi zvit [Assessment of damages and needs for the restoration of the agricultural sector of Ukraine: analytical report]. URL: kse.ua [in Ukrainian].
  12. Elevatorist.com. (2024). Elevatorna statystyka Ukrainy: vtraty potuzhnosti ta rehionalni dysproportsii v umovakh viiny: analitychnyi ohliad [Elevator statistics of Ukraine: loss of capacity and regional disproportions in war conditions: analytical review]. URL: <https://elevatorist.com/> [in Ukrainian].
  13. USPA. (2024). Pokaznyky roboty morskyykh portiv Ukrainy za 2023–2024 rr.: analitychnyi zvit [Performance indicators of Ukrainian seaports for 2023–2024: analytical report]. URL: [www.uspa.gov.ua](http://www.uspa.gov.ua) [in Ukrainian].

#### Гуторова О.О. Інфраструктура зернового ринку України: теорія та практика

**Метою** проведених досліджень є теоретичне обґрунтування складників інфраструктури зернового ринку та комплексний аналіз практичного стану її функціонування в сучасних умовах України, а також визначення пріоритетних напрямів модернізації логістичних та елеваторних потужностей для забезпечення стійкості експортного потенціалу держави. **Результати.** У ході дослідження уточнено сутність інфраструктури зернового ринку, яку запропоновано розглядати як багаторівневу систему, що поєднує виробничо-технологічну, транспортно-логістичну, фінансово-кредитну та інформаційно-цифрову підсистеми. Проаналізовано динаміку змін у складському господарстві: встановлено, що попри втрату близько 15–18% елеваторних потужностей унаслідок воєнних дій, ринок продемонстрував високу адаптивність через впровадження

мобільних рішень (використання зернових рукавів обсягом понад 15 млн тонн) та будівництво мультимодальних «сухих портів» на західних кордонах. Оцінено ефективність трансформації логістичних ланцюгів, де ключовим фактором стабілізації стало відновлення роботи Українського морського коридору та розвиток Дунайського портового кластеру як стратегічного резерву. Доведено, що залізнична логістика через країни ЄС, попри високу питому вартість, виконує критичну функцію диверсифікації ризиків. Особливу увагу приділено технологічним драйверам конкурентоспроможності: цифровізації (впровадження е-TTN, систем «єЧерга» та платформ інтелектуального фрахту) та енергоефективності. Обґрунтовано, що інтеграція автономних джерел енергії (СЕС, генерація) дозволяють знизити собівартість доробки зерна, забезпечуючи стабільну якість продукції в умовах енергетичної нестабільності. **Висновки.** Доведено, що теоретична модель зернової інфраструктури трансформувалася з лінійної у мережеву адаптивну модель, де стійкість системи залежить від швидкості переорієнтації потоків між різними каналами збуту. Практична значущість дослідження полягає у визначенні пріоритетів модернізації: перехід від експорту сировини до розвитку потужностей глибокої переробки всередині країни та подальша цифрова інтеграція з транспортною системою ЄС. Запропоновані підходи дозволяють мінімізувати вплив екзогенних шоків на аграрний ринок та закласти підґрунтя для кліматично орієнтованого розвитку інфраструктури у повоєнний період.

**Ключові слова:** інфраструктура, зерновий ринок, елеваторне господарство, логістичні ланцюги, цифрова трансформація, енергоефективність, економічний ефект, інновації.

#### Hutorova O.O. Grain market infrastructure of Ukraine: theory and practice

**The purpose** of the research is to theoretically substantiate the components of the grain market infrastructure and comprehensively analyze the practical state of its functioning in modern conditions of Ukraine, as well as to determine priority areas for the modernization of logistics and elevator capacities to ensure the sustainability of the state's export potential. **Results.** The study clarified the essence of the grain market infrastructure, which was proposed to be considered as a multi-level system combining production and technological, transport and logistics, financial and credit, and information and digital subsystems. The dynamics of changes in the warehouse economy were analyzed: it was found that despite the loss of about 15–18% of elevator capacities as a result of military operations, the market demonstrated high adaptability through the implementation of mobile solutions (the use of grain sleeves with a volume of over 15 million tons) and the construction of multimodal "dry ports" on the western borders. The effectiveness of the transformation of logistics chains was assessed, where the key stabilization factor was the restoration of the Ukrainian Sea Corridor and the development of the Danube Port Cluster as a strategic reserve. It was proven that railway logistics through EU countries, despite its high specific cost, performs a critical function of risk diversification. Particular attention was paid to technological drivers of competitiveness: digitalization (implementation of e-TTN, e-Queue systems and intelligent freight platforms) and energy efficiency. It was substantiated that the integration of autonomous energy sources (solar power

plants, generation) allows reducing the cost of grain processing, ensuring stable product quality in conditions of energy instability. **Conclusions.** It is proven that the theoretical model of grain infrastructure has been transformed from a linear to a network adaptive model, where the stability of the system depends on the speed of reorientation of flows between different sales channels. The practical significance of the study lies in determining the priorities of modernization: the transition from raw material exports

to the development of deep processing capacities within the country and further digital integration with the EU transport system. The proposed approaches allow minimizing the impact of exogenous shocks on the agricultural market and laying the foundation for climate-oriented infrastructure development in the post-war period.

**Key words:** infrastructure, grain market, grain elevator, logistics chains, digital transformation, energy efficiency, economic effect, innovation.

Дата першого надходження статті до видання: 16.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 22.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 30.05.2026

### ПРОФЕСІЙНИЙ ТА НАУКОВИЙ ШЛЯХ СТЕПАНОВОЇ МАРГАРИТИ МИХАЙЛІВНИ



Серед провідних науковців і управлінців аграрної сфери України вагоме місце займає Маргарита Михайлівна Степанова – завідувач відділу геоінформаційних технологій, менеджменту та економічних досліджень Інституту кліматично орієнтованого сільськогосподарства НААН, кандидат економічних наук, Заслужений працівник сільськогосподарства України. Її діяльність вирізняється поєднанням ґрунтовної наукової підготовки, стратегічного мислення

та ефективного управління в умовах трансформації аграрного сектору.

Маргарита Михайлівна народилася 14 квітня 1961 року в місті Херсон. Вищу освіту здобула у Херсонському сільськогосподарському інституті імені О.Д. Цюрупи за спеціальністю «Сільськогосподарське будівництво» (1983 рік). Згодом отримала другу вищу освіту за спеціальністю «Бухгалтерський облік і аудит», що стало важливою основою для її подальшої професійної діяльності у сфері економіки та управління підприємствами сільськогосподарської галузі, де вона змогла поєднати технічні знання з аналітичними навичками, забезпечуючи ефективне ведення господарської діяльності та прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Свій трудовий шлях розпочала на інженерних та економічних посадах, поступово формуючи високий рівень компетентності у сфері управління аграрним виробництвом.

Значна частина її професійної діяльності пов'язана з органами державного управління, де вона працювала у структурі Головного управління сільського господарства Херсонської обласної державної адміністрації, а згодом обіймала керівні посади у Департаменті розвитку сільського господарства та зрошення. У 2020–2022 роках очолювала цей департамент у складі Херсонської обласної військової адміністрації, що свідчить про високий рівень довіри та визнання її професіоналізму.

У 2009 році Маргарита Михайлівна захистила кандидатську дисертацію, здобувши науковий ступінь







кандидата економічних наук. За вагомий внесок у розвиток аграрного сектору Півдня України у 2016 році їй присвоєно почесне звання Заслуженого працівника сільського господарства України.

З 2023 року і донині вона працює в Інституті кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, де очолює відділ геоінформаційних технологій, менеджменту та економічних досліджень. Під її керівництвом відділ перетворився на потужний міждисциплінарний науковий центр, який інтегрує дослідження у сфері цифрової трансформації аграрного сектору, застосування геоінформаційних технологій, розвитку інновацій та економічного обґрунтування сталого розвитку агросистем.

Вагомим внеском Маргарити Михайлівни є її активна участь у розвитку освітньо-наукової програми «Менеджмент» та створення Центру підвищення кваліфікації Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, функціонування якого спрямоване на формування сучасних управлінських і цифрових компетентностей фахівців аграрної галузі та впровадження передового зарубіжного досвіду в національну практику для зміцнення авторитету вітчизняної науки на міжнародній арені.

Маргарита Михайлівна поєднує в собі риси досвідченого керівника і глибокого аналітика. Її діяльність спрямована на розвиток управлінських моделей, що враховують виклики кліматичних змін, цифровізації та





необхідності сталого розвитку аграрного виробництва. Вона користується заслуженим авторитетом серед науковців, керівників аграрних підприємств, колег та молодих дослідників.

За роки професійної діяльності неодноразово нагороджувалася грамотами та відзнаками органів державної влади та галузевих установ, представляла Україну на міжнародних аграрних виставках і форумах, сприяючи розвитку міжнародної співпраці та інтеграції вітчизняного аграрного сектору у світовий простір.

Науково-організаційна діяльність Маргарити Михайлівни є важливим внеском у формування сучасної моделі управління аграрним сектором України, орієнтованої на інновації, цифровізацію та адаптацію до кліматичних викликів, що сприяє підвищенню ефективності функціонування галузі, зміцненню її конкурентоспроможності та забезпеченню сталого розвитку в умовах сучасних соціально-економічних трансформацій.

Щиро вітаємо Маргариту Михайлівну з ювілеєм! Бажаємо міцного здоров'я, невичерпної енергії, нових наукових звершень, реалізації всіх задумів і подальших вагомих досягнень на благо розвитку аграрної науки України. Нехай кожен день приносить нові ідеї, натхнення та впевненість у майбутньому, а професійний шлях і надалі буде наповнений визнанням, повагою та успіхами.

*З повагою,  
колектив Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства  
Національної академії аграрних наук України*

## ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

|                        |     |                        |          |
|------------------------|-----|------------------------|----------|
| АВЕРЧЕВ О.В. ....      | 9   | КОГУТ І.М. ....        | 260      |
| АНДРУЩЕНКО А.С. ....   | 15  | КОЗАК М.І. ....        | 280      |
| АНТОНЕНКО О.О. ....    | 23  | КОЗИРЄВ В.В. ....      | 178      |
| БАГАН А.В. ....        | 31  | КОНДРАТЮК А. ....      | 280      |
| БАЛАБАН В.М. ....      | 38  | КОТОВСЬКА Ю.С. ....    | 376      |
| БАНДРОВСЬКИЙ Д.В. .... | 291 | КРИВЕНКО А.І. ....     | 185      |
| БАНУЛ С.О. ....        | 86  | КУДРЯ С.І. ....        | 190      |
| БАРБОЙ В.Б. ....       | 44  | КУШНІРУК Т.М. ....     | 226      |
| БЕЛОВА І.М. ....       | 253 | ЛАВРИНЕНКО Ю.О. ....   | 91       |
| БОРОВИК В.О. ....      | 321 | ЛЕБЕДИНСЬКИЙ І.В. .... | 159      |
| БУЛАХ А.О. ....        | 57  | ЛЕМІШКО С.М. ....      | 247      |
| БУРКО Л.М. ....        | 78  | ЛЕУС В.В. ....         | 201      |
| ВАЛЕНТЮК Н.О. ....     | 309 | ЛОБУНЬКО Ю.В. ....     | 226      |
| ВАСИЛЕНКО Р.М. ....    | 78  | ЛОЗІНСЬКИЙ М.В. ....   | 392      |
| ВЕРГЕЛЕС П.М. ....     | 64  | ЛУКАШУК В.П. ....      | 190      |
| ВИТОПТОВА В.А. ....    | 400 | ЛЮБИЧ В.В. ....        | 207      |
| ГАВІЙ В.М. ....        | 72  | МАКСИМОВ Д.О. ....     | 178      |
| ГАЙДАШ О.Л. ....       | 309 | МАРЧЕНКО В.Д. ....     | 260      |
| ГАЛАГУРЯ А.О. ....     | 159 | МАРЧЕНКО Т.Ю. ....     | 91, 260  |
| ГАНГУР В.В. ....       | 152 | МАШЕНКО В.В. ....      | 286      |
| ГЕТМАН Н.Я. ....       | 78  | МЕШКО Р.Г. ....        | 217      |
| ГОНЧАР М.В. ....       | 353 | МИХАЙЛИК С.М. ....     | 384      |
| ГОСПОДАРЕНКО Г.М. .... | 221 | МИХАЙЛЮК О.С. ....     | 291      |
| ГРАБОВЕЦЬКА О. А. .... | 376 | МІЩЕНКО С.В. ....      | 91       |
| ГРИНІВ С.М. ....       | 384 | МОКРІЄНКО В.А. ....    | 333      |
| ГУДИМ О.В. ....        | 328 | МУЛЄНОК Я.О. ....      | 201      |
| ГУК І.М. ....          | 78  | МУСІЄНКО Л.А. ....     | 221      |
| ГУМЕНЮК О.В. ....      | 64  | М'ЯЛКОВСЬКИЙ Р.О. .... | 226      |
| ГУРА В.В. ....         | 321 | НЕЙКО І.С. ....        | 343      |
| ГУСАК В.В. ....        | 138 | НІКІТЕНКО М.П. ....    | 9        |
| ГУТОРОВА О.О. ....     | 405 | НОСЕНКО В.Г. ....      | 233      |
| ДАВИДЕНКО І.А. ....    | 120 | НОСУЛЯ А.М. ....       | 384      |
| ДЖАМ М.А. ....         | 185 | ОРЕХІВСЬКИЙ В.Д. ....  | 185      |
| ДІДУР І.М. ....        | 86  | ОСІПОВ М.Ю. ....       | 348      |
| ДМИТРИК П.М. ....      | 138 | ПАВЛОВ О.С. ....       | 15       |
| ДОВГЕЛЯ О.М. ....      | 23  | ПАЛИВОДА Ю.М. ....     | 72       |
| ДОНЕЦЬ А.О. ....       | 91  | ПАНЦИРЕВА Г.В. ....    | 226, 353 |
| ДРОБІТ О.С. ....       | 309 | ПЕНДРАК Я.І. ....      | 240      |
| ЄВПАК О.В. ....        | 100 | ПЕТРИК О.М. ....       | 178      |
| ЄГОРОВА С.В. ....      | 190 | ПЕТРИЩЕ О.І. ....      | 226      |
| ЄРЕМКО Л.С. ....       | 107 | ПИЛИПЕНКО С.В. ....    | 358      |
| ЖИГАЙЛО О.Л. ....      | 113 | ПІЛЯРСЬКА О.О. ....    | 91       |
| ЖИГАЙЛО Т.С. ....      | 113 | ПОЛАГЕНЬКО О.С. ....   | 178      |
| ЖУЙКОВ О.Г. ....       | 120 | ПОЛІЩУК В.В. ....      | 348      |
| ЖУК В.В. ....          | 128 | ПРИДАТКО В.В. ....     | 366      |
| ЖУК В.М. ....          | 128 | ПРИШЕДЬКО Н.О. ....    | 247      |
| ЗАЇКА В.К. ....        | 138 | ПРОКОП'ЮК Т.П. ....    | 392      |
| ЗОРУНЬКО В.І. ....     | 185 | РАССАДІНА І.Ю. ....    | 221      |
| ІВАЩУК В.П. ....       | 146 | РИБАЛЬЧЕНКО А.М. ....  | 31       |
| КАЛАМБЕТ В.В. ....     | 152 | РИЖАК Р.Г. ....        | 253      |
| КАРАЧУН В.Л. ....      | 159 | РОЙ С.С. ....          | 178      |
| КАСЬЯНОВ Є.О. ....     | 247 | САДОВСЬКИЙ І.С. ....   | 221      |
| КЕДРУН О.В. ....       | 169 | САЙДАК Р.В. ....       | 190      |
| КНИШ В.В. ....         | 190 | САМОЙЛИК М.О. ....     | 392      |
| КОВАЛИШИНА Г.М. ....   | 366 | СВИДЕНКО Л.В. ....     | 376      |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| СВИДЕНКО С.В.....       | 376 |
| СВИРИДОВСЬКИЙ В.М. .... | 376 |
| СВЯТЕЦЬКИЙ В.А. ....    | 107 |
| СЕНИК І.І. ....         | 253 |
| СЕРГЄЄВ Л.А. ....       | 260 |
| СІМЧУК А.П.....         | 138 |
| СМУЛЬСЬКА І.В. ....     | 384 |
| СОЛОМОНОВ Р.В. ....     | 260 |
| СРІБНИЙ М.В. ....       | 315 |
| СТАСІНЄВИЧ О.Ю. ....    | 221 |
| ТАРАРІКО Ю.О. ....      | 190 |
| ТЕЛЕВАТЮК Б.І.....      | 291 |
| ТЕСЛЯ Д.М.....          | 268 |
| ТКАЛІЧ Ю.І. ....        | 44  |
| ТОМЧУК О.М. ....        | 296 |
| ТРАНДАФІР І.В. ....     | 185 |
| УСОВ Р.М. ....          | 275 |
| ФЕДОРЧУК І.В.....       | 280 |
| ФІЛІЦЬКА О.О.....       | 392 |
| ЦВІТКОВА К.В. ....      | 226 |
| ЦИГАНСЬКА О.І. ....     | 286 |
| ЦИГАНСЬКИЙ В.І.....     | 291 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| ЦИЦЮРА Я.Г.....       | 296 |
| ЧЕПЕРНАТИЙ Є.В. ....  | 78  |
| ЧЕРНИХ С.А. ....      | 247 |
| ШАКАЛІЙ С.М. ....     | 31  |
| ШЕВЧУК Л.М.....       | 100 |
| ШЕВЧУК О.В.....       | 286 |
| ШУБЕНКО Л.А. ....     | 201 |
| ШУВАР А.М. ....       | 253 |
| ЮВЧИК Н.О.....        | 315 |
| ЮРКЕВИЧ Є.О. ....     | 309 |
| ЮРЧЕНКО А. І. ....    | 392 |
| ЯРЧУК І.І. ....       | 217 |
| ЯЩЕНКО Л.А. ....      | 315 |
| BYKIN A.V.....        | 49  |
| HONCHAR L.M.....      | 211 |
| KUCHER L.I.....       | 49  |
| MAZURENKO B.O. ....   | 211 |
| MOROZ S.YU. ....      | 49  |
| PANCHUK T.V.....      | 49  |
| POSHKREBNOV V.V. .... | 49  |
| RETMAN M.S. ....      | 49  |



Наукове видання

# АГРАРНІ ІННОВАЦІЇ

Випуск 36

Дата розміщення онлайн – 30.05.2026 р.  
Дата друку – 31.05.2026 р. Формат 60×84 1/8.  
Папір офсетний. Гарнітура Arial. Цифровий друк.  
Умовно друк. арк. 48,36. Наклад 300. Зам. № 0526/539  
Віддруковано з готового оригінал-макета.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»  
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1.  
Телефон +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08  
E-mail: mailbox@helvetica.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.