АГРАРНІ ІННОВАЦІЇ

№ 38

Видавничий дім
«Гельветика»
2026

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

Журнал включений до Переліку наукових фахових видань України відповідно до Наказу МОН України № 928 від 11 червня 2026 року (додаток 11) строком на три роки з 01 червня 2026 року по 31 травня 2029 року з присвоєнням категорії «Б».
Кластер: Сільськогосподарські і ветеринарні науки. Спеціальність: Н1 Агрономія.

Рекомендовано до друку Вченою радою Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН (протокол № 20 від 19.10.2026 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 насіннєзнавства 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)

Екінджі Ремзі (Ekinci Remzi), доктор філософії, доцент, викладач, дослідник, Університет Дікле, факультет сільського господарства (м. Діярбакир, Туреччина)

Елназарқизи 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)

Міщенко 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 ґрунтотвірних 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 плагіату 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

ISSN 2709-4405

© Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України, 2026

ЗМІСТ

МЕЛІОРАЦІЯ, ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО……..7

Антоненко О.О., Бачинський О.В. Оптимізація режиму живлення та густоти посіву як фактор підвищення якості зерна кукурудзи……..7

Балабаш В.С., Дробіт О.С., Влащук А.М., Патик С.М. Ефективність застосування біопрепаратів на ріпаку озимому в умовах півдня України……14

Бігун В.С. Вплив норм висіву на схожість гороху посівного та ячменю ярого у змішаних посівах…… 23

Боровик В.О., Олійник О.І. Ефективність технології вирощування бавовнику в умовах плівкового покриття….27

Гораш В.О. Вплив внесення мінеральних добрив в комбінації з листковим підживленням рослин ячменю ярого на урожайність зерна ……34

Гурман Я.В. Особливості вирощування сої за технологією No-till……42

Данильченко О.М., Голіков Р.А., Бондаренко В.І. Оптимізація елементів системи азотного живлення гібридів кукурудзи в умовах Сумської області……46

Дрозд О.М. Узгодження сільськогосподарської діяльності з природоохоронними цілями мережі Natura 2000 в Іспанії……51

Дубовий В.І., Кліщенко С.В., Будак О.О., Шулько О.П., Зеленець С.В. Вплив миючих засобів в поливній воді на продуктивність і хімічний склад зерна та соломи пшениці ярої……58

Дука О.С., Козар С.Ф., Воробей Ю.О., Логоша О.В., Білоконська О.М. Формування бінарної композиції діазотрофів та її застосування в агроценозі соняшнику……64

Жигайло Д.С., Марченко Т.Ю., Пілярська О.О., Міщенко С.В., Лавриненко Ю.О., Марченко В.Д. Структури врожаю сортів гороху посівного (***Pisum sativum*** L.) залежно від елементів агротехнології в Південному Степу ……72

Загнітко В.В. Зернова продуктивність гороху посівного залежно від обробки насіння та фоліарного живлення в умовах Лісостепу Західного……80

Зубко О.М., Бутенко Є.Ю. Сучасні стратегії суміщення позакореневого живлення та засобів захисту рослин у технологіях вирощування сої……85

Косенко Н.П., Книш В.І., Шабля О.С., Кокойко В.В. Продуктивність холодку лікарського за використання біологізованих прийомів вирощування на Півдні України……90

Кошкін Д.Л., Панфілова А.В. Використання радарних даних Sentinel-1 для реконструкції часового ряду NDVI пшениці озимої……97

Лоза В.В., Назаренко М.М. Вплив фенілзаміщених похідних на перезимівлю агроценозів пшениці……104

Лященко С.А., Ременюк С.О., Макух Я.П., Доронін В.А. Біохімічний потенціал картоплі сорту Княгиня залежно від факторів інтенсифікації вирощування в сівозмінах і монокультурі……109

Медончак О.В., Хоненко Л.Г. Формування площі листкової поверхні, фотосинтетичного потенціалу та врожайності гібридів огірка за краплинного зрошення в Південному Степу України……118

Остапець С.В., Леус В.В. Форма крони як фактор оптимізації освітлення інтенсивних насаджень черешні……127

Поздняков В.Ю., Петренко С.О. Вплив біостимуляторів на урожайність та ефірноолійну продуктивність коріандру посівного *(Coriandrum sativum L.)*……133

Поспєлова Г.Д., Шерешило О.О. Фітосанітарний стан і продуктивність сортів сої за різних систем фунгіцидного захисту в умовах Лівобережного Лісостепу України……142

Сєвідов В.П., Сєвідов І.В. Динаміка та перспективи розвитку ринку пасльонових культур в Україні в умовах воєнного стану……150

Соболь В.А., Литовченко М.О., Тарнавська К.П., Чухіль С.М., Васюта С.О. Адаптивність кращих вітчизняних та інтродукованих підщеп яблуні до різних грунтово-кліматичних умов України в перші роки товарного плодоношення……156

Козечко В.І., Хмара С.П. Осіннє формування агрофітоценозу та зимостійкість гібридів ріпаку озимого в умовах північного Степу України……164

Цилюрик О.І., Міщенко М.Г. Вплив регуляторів росту та мікродобрив на формування продуктивності пшениці озимої в умовах Північного Степу України……169

Цицюра Я.Г. Оцінка вплив сидерації на мікрорельєфну структурованість ґрунту методом цифровізації зображення та фотограмметричної реконструкції умовної карти висот……176

СЕЛЕКЦІЯ, НАСІННИЦТВО……185

Бердін С.І., Собран І.В., Данілов І.Р. Поетапне оцінювання та добір гібридного матеріалу картоплі за стійкістю до хвороб на ранніх етапах селекції……185

Добровольський А.В., Гончаренко Є.В. Фотосинтетична діяльність посівів ячменю ярого залежно від оптимізації живлення та сортових особливостей в умовах Південного Степу України……192

Коваль В.С. Селекційна цінність беккросного потомства багатовидових гібридів картоплі за основними агрономічними ознаками……200

Швець О.А., Криворученко Р.В. Реакція генотипів пшениці м'якої озимої на маніпуляції з фондом метаболітів……206

Юсипенко Р.В., Мойсейченко Н.В., Василенко В.І., Макарова Д.Г., Ігнатенко О.О., Бабенко С.М. Продуктивність та якісні показники плодів елітних форм вишні (Prunus cerasus L.) залежно від агрокліматичних чинників Західного Лісостепу України……218

Яланський О.В., Носов М.Г., Таганцова М.М., Середа В.І. Селекційна цінність генотипів зернового сорго за контрастних умов вологозабезпечення……227

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК……234

CONTENTS

MELIORATION, ARABLE FARMING, HORTICULTURE.....7

Antonenko O.O., Bachynskyi O.V. Optimization of nutrient supply and plant density as a factor in improving maize grain quality.....7

Balabash V.S., Drobit O.S., Vlashchuk A.M., Patyk S.M. Effectiveness of using biological preparations on winter rapeseed in the conditions of Southern Ukraine.....14

Bigun V.S. The effect of seeding rates on the germination of field pea and spring barley in mixed crops.....23

Borovyk V.O., Oliinyk O.I. Efficiency of cotton growing technology under film covering conditions.....27

Horash V.O. Effect of Mineral Fertilizer Application in Combination with Foliar Feeding of Spring Barley Plants on Grain Yield.....34

Gurman Ya.V. Features of soybean cultivation using No-till technology.....42

Danylchenko O.M., Holikov R.A., Bondarenko V.I. Optimization of nitrogen nutrition system elements for maize hybrids in the conditions of Sumy region.....46

Drozd O.M. Balancing Agricultural Activities and Conservation Objectives in Spain's Natura 2000 Network.....51

Dubovyi V.I., Klishchenko S.V., Budak O.O., Shulko O.P., Zelenets S.V. Effect of Detergents in Irrigation Water on the Productivity and Chemical Composition of Spring Wheat Grain and Straw.....58

Duka O.S., Kozar S.F., Vorobei Yu.O., Lohosha O.V., Bilokonska O.M. Formation of a binary diazotroph composition and its application in a sunflower agrocenosis.....64

Zhyhailo D.S., Marchenko T.Yu., Piliarska O.O., Mishchenko S.V., Lavrynenko Yu.O., Marchenko V.D. Formation of the yield structure of field pea varieties (*Pisum sativum* L.) depending on the elements of agricultural technology in the conditions of Southern Ukraine.....72

Zagnitko V.V. Grain Productivity Of Field Pea Depending On Seed Treatment And Foliar Nutrition Under The Conditions Of The Western Forest-Steppe.....80

Zubko O.M., Butenko Ye.Yu. Modern strategies for combining foliar feeding and plant protection products in soybean cultivation technologies.....85

Kosenko N.P., Knych V.I., Shablia O.S., Kokoiko V.V. Productivity of asparagus (*Asparagus officinalis* L.) under biologized growing technology in the South of Ukraine.....90

Koshkin D.L., Panfilova A.V. Reconstructing winter wheat NDVI time series using Sentinel-1 radar data.....97

Loza V.V., Nazarenko M.M. The Effect of Phenyl-Substituted Derivatives on the Overwintering of Wheat Agrocenoses.....104

Liashenko S.A., Remeniuk S.O., Makukh Ya.P., Doronin V.A. Biochemical potential of Knyahynia potato variety depending on intensification factors in crop rotations and monoculture.....109

Medonchak O.V., Honenko L.G. Formation of leaf surface area, photosynthetic potential and yield of cucumber hybrids under drip irrigation in the Southern Steppe of Ukraine.....118

Ostapets S.V., Leus V.V. Crown shape as a factor in optimizing light penetration in intensive sweet cherry orchards.....127

Pozdniakov V.Yu., Petrenko S.O. Effect of Biostimulants on Seed Yield and Essential Oil Productivity of Coriander (*Coriandrum sativum* L.).....133

Pospielova G.D., Shereshylo O.O. Phytosanitary status and productivity of soybean cultivars under different fungicidal protection systems in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine.....142

Sievidov V.P., Sievidov I.V. Market Dynamics and Development Prospects for Nightshade Crops in Ukraine Under Martial Law.....150

Sobol V.A., Lytovchenko M.O., Tarnavska K.P., Chukhil S.M., Vasiuta S.O. Adaptability of the Best Domestic and Introduced Apple Rootstocks to Different Soil and Climatic Conditions of Ukraine during the Early Years of Commercial Fruiting.....156

Kozechko V.I., Khmara S.P. Autumn formation of agrophytocenosis and winter hardiness of winter rapeseed hybrids in the Northern Steppe of Ukraine.....164

Tsyliuryk O.I., Mishchenko M.H. Influence of Plant Growth Regulators and Micronutrient Fertilizers on the Formation of Winter Wheat Productivity under the Conditions of the Northern Steppe of Ukraine……169

Tsytsiura Ya.G. Assessment of the impact of sideration on the micro-relief structure of soil using image digitization and photogrammetric reconstruction of a conditional elevation map……176

BREEDING, SEED PRODUCTION……185

Berdin S.I., Sobran I.V., Danilov I.R. Stepwise evaluation and selection of hybrid potato material for disease resistance at the early stages of breeding……185

Dobrovolskyi A.V., Honcharenko Ye.V. Photosynthetic Activity of Spring Barley Crops Depending on Nutrient Optimization and Varietal Characteristics under the Conditions of the Southern Steppe of Ukraine……192

Koval V.S. Breeding value of backcross progeny of multispecies potato hybrids for major agronomic traits……200

Shvets O.A., Kryvoruchenko R.V. Response of winter common wheat genotypes to metabolite pool manipulations……206

Yusypenko R.V., Moiseichenko N.V., Vasylenko V.I., Makarova D.H., Ihnatenko O.O., Babenko S.M. Productivity and Fruit Quality Indicators of Elite Sour Cherry (Prunus cerasus L.) Forms Depending on Agroclimatic Factors of the Western Forest-Steppe of Ukraine……218

Yalanskyi O.V., Nosov M.G., Tagantsova M.M., Sereda V.I. Breeding value of grain sorghum genotypes under contrasting moisture conditions……227

AUTHOR INDEX……234

УДК 633.15:631.526.32:631.8:631.559.2
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.1

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ ЖИВЛЕННЯ ТА ГУСТОТИ ПОСІВУ ЯК ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ

АНТОНЕНКО О.О. – аспірант кафедри рослинництва,
orcid.org/0009-0005-5488-896X
Національний університет біоресурсів і природокористування України
БАЧИНСЬКИЙ О.В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0009-0006-7000-0358
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Постановка проблеми. Якість зерна кукурудзи, як і її врожайність, є одним із ключових показників, що характеризують ефективність технології її вирощування. Саме від якісних характеристик отриманого зерна залежить напрям і доцільність його подальшого використання. На якісні показники зерна кукурудзи суттєво впливають окремі елементи технології її вирощування. Незважаючи на те, що кожен гібрид має генетично зумовлені характеристики якості, процес їх реалізації від моменту сівби до достигання є тривалим [8]. Тому умови та технологічні прийоми вирощування можуть істотно впливати на формування якісних показників зерна кукурудзи.

Критерії оцінювання якості зерна кукурудзи визначаються насамперед напрямом його подальшого використання. Так, для виробництва біоетанолу основним показником є високий вміст крохмалю, оскільки саме він є сировиною для отримання спирту. У разі використання зерна на кормові та харчові цілі важливого значення набувають показники вмісту протеїну та жиру, які визначають його поживну та харчову цінність [4]. Кукурудза є одною з провідних зернових культур України, головними показниками якості зерна якої є вміст крохмалю та сирого протеїну [7]. Якість зерна визначається генотипом гібриду, густотою стояння рослин і рівнем мінерального живлення. Збільшення густоти підвищує вміст крохмалю, але знижує концентрацію протеїну [17]. Тоді як азотне живлення значною мірою визначає білковість зерна [16]. Дослідженнями в умовах Лісостепу України підтверджено залежність якості зерна від удобрення, густоти та особливостей гібрида [9], однак питання оптимізації густоти й мінерально-біологічного живлення із застосуванням азотфіксувальних біопрепаратів для гібридів різних груп стиглості залишаються недостатньо вивченими.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні фахові джерела та результати наукових досліджень останніх років підтверджують, що раціональне регулювання азотного живлення гарантує значне збільшення продуктивності кукурудзи в межах 20–40 %, а впровадження інтенсивних технологій забезпечує ще більші показники приросту [12].

Одним із важливих критеріїв оцінювання якості зерна кукурудзи є вміст сирого протеїну [3]. Рівень його накопичення значною мірою залежить від генотипових особливостей гібридів, які характеризуються різною інтенсивністю білкового обміну та здатністю формувати врожай за неоднакових умов вирощування. На вміст сирого протеїну в зерні також впливають тривалість вегетаційного періоду, ефективність поглинання й використання азоту рослинами, а також їхня стійкість до несприятливих факторів довкілля.

Водночас реакція різних гібридів на стресові умови може істотно відрізнятися, що проявляється, зокрема, у зміні спектра білкових маркерів. Окремі генотипи здатні зберігати відносно стабільний білковий профіль навіть за повторюваних періодів дефіциту вологи. Це може свідчити про вищу адаптивність таких гібридів та їхню здатність підтримувати основні фізіолого-біохімічні процеси за умов посухи, попри загальне зниження ферментативної активності в рослинних тканинах [15]. За результатами наукових досліджень, застосування мінеральних добрив сприяє істотному підвищенню продуктивності кукурудзи, приріст урожайності при цьому може становити 30–50 % [13]. За даними А. М. Влащука, О. С. Колпакової та О. П. Конащук, формування якісних показників зерна кукурудзи в умовах зрошення Степу Півдня України значною мірою визначається генотиповими особливостями гібридів, строками сівби та густотою стояння рослин. У результаті проведених досліджень максимальний вміст білка (9,39 %) встановлено у зерні ранньостиглого гібриду Тендра, найвищу частку крохмалю (71,16 %) – у середньостиглого гібриду Каховський, тоді як найбільший вміст жиру (3,94 %) відзначено у середньораннього гібриду Скадовський [1]. Результати досліджень щодо впливу різних факторів інтенсифікації на якісні показники зерна кукурудзи висвітлено в низці публікацій [2]. Китайські дослідники зазначають, що максимальне накопичення білка в зерні кукурудзи відбувається лише за оптимальної щільності посівів та збалансованого забезпечення рослин елементами живлення. Сумісне внесення азоту, калію та амінокислот стимулює активність нітратредуктази (NR) та

© Антоненко О.О., Бачинський О.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

глутамінсинтетази (GS), що позитивно впливає на накопичення протеїну в зерні кукурудзи [18].

Мета – визначити особливості формування якісного хімічного складу зерна гібридів кукурудзи, а саме вмісту протеїну та крохмалю, під впливом варіювання густоти стояння рослин та комбінованої системи живлення, що передбачає поєднання різних норм мінеральних добрив із позакореневою обробкою біопрепаратом-азотфіксатором Блу N (*Methylobacterium symbioticum*) в агрокліматичних умовах Центрального Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень. Польові дослідження проводились протягом 2024–2026 рр. на базі СТОВ «Любарецьке» (Бориспільський р-н, Київська обл.) згідно із загальноприйнятими методиками [6].

Дослідження проводили на посівах гібридів кукурудзи Р9255 (ФАО 330) та Р8436 (ФАО 260). Закладання польового досліду виконували в чотирикратній повторності за послідовного багатоярусного розміщення варіантів. Площа облікової ділянки становила 33 м². Ґрунтовий покрив дослідного поля представлений чорноземом опідзоленим малогумусним із вмістом гумусу 3,8 %, вмістом рухомих форм NO_3^- 2,05 мг/100 г ґрунту, P_2O_5 7,3 мг/100 г, K_2O 14,0 мг/100 г, pH 6,2, щільністю ґрунту 1,2 г/см³. Агротехніка вирощування кукурудзи була загальноприйнятою для зони Лісостепу України, за винятком елементів, що вивчали під час експерименту.

Методологія польового досліду передбачала комплексне вивчення впливу трьох факторів: густоти стояння рослин (60, 70 та 80 тис. шт./ га), системи мінерального живлення ($N_{60}P_{45}K_{45}$, $N_{90}P_{60}K_{60}$, $N_{120}P_{90}K_{90}$ та $N_{150}P_{120}K_{120}$) і позакореневого підживлення у фазі 5–6 листків біологічним препаратом на основі азотфіксувальних бактерій *Methylobacterium symbioticum* (Блу N) у нормі 333 г/га. Контрольними були варіанти без застосування добрив, а також варіанти із застосуванням лише біологічного препарату за відповідної густоти стояння рослин.

Схема проведення польового досліду. Фактор А – гібриди кукурудзи: 1) Р9255 (ФАО 330); 2) Р8436 (ФАО 260). Фактор В – густота стояння рослин: 1) 60 тис. /га; 2) 70 тис./га; 3) 80 тис./га. Фактор С – система удобрення: 1) Без добрив; 2) Без добрив + азотфіксатор (0,333 кг/га); 3) $N_{60}P_{45}K_{45}$; 4) $N_{60}P_{45}K_{45}$ + азотфіксатор (0,333 кг/га); 5) $N_{90}P_{60}K_{60}$; 6) $N_{90}P_{60}K_{60}$ + азотфіксатор (0,333 кг/га); 7) $N_{120}P_{90}K_{90}$; 8) $N_{120}P_{90}K_{90}$ + азотфіксатор (0,333 кг/га); 9) $N_{150}P_{120}K_{120}$; 10) $N_{150}P_{120}K_{120}$+ азотфіксатор (0,333 кг/га).

Результати досліджень. Аналіз зразків, відібраних у 2024–2026 рр., засвідчив, що вміст і вихід крохмалю із зерна гібридів кукурудзи змінювалися залежно від густоти стояння рослин, рівня мінерального і біологічного живлення та групи стиглості гібридів. При цьому характер зміни показників був неоднаковим: вміст крохмалю в зерні змінювався у відносно вузьких межах, тоді як його вихід з одиниці площі більшою мірою визначався продуктивністю посіву. У гібрида Р8436 вміст крохмалю за досліджуваних варіантів становив 70,90–73,30 %, а вихід складав 7,05–10,19 т/га (рис. 1).

У середньостиглого гібрида Р9255 відповідні показники змінювалися в межах 70,15–72,50 % та 7,56–10,18 т/га (рис. 2). Отже, за середніми значеннями досліджувані гібриди характеризувалися близькою крохмалистістю

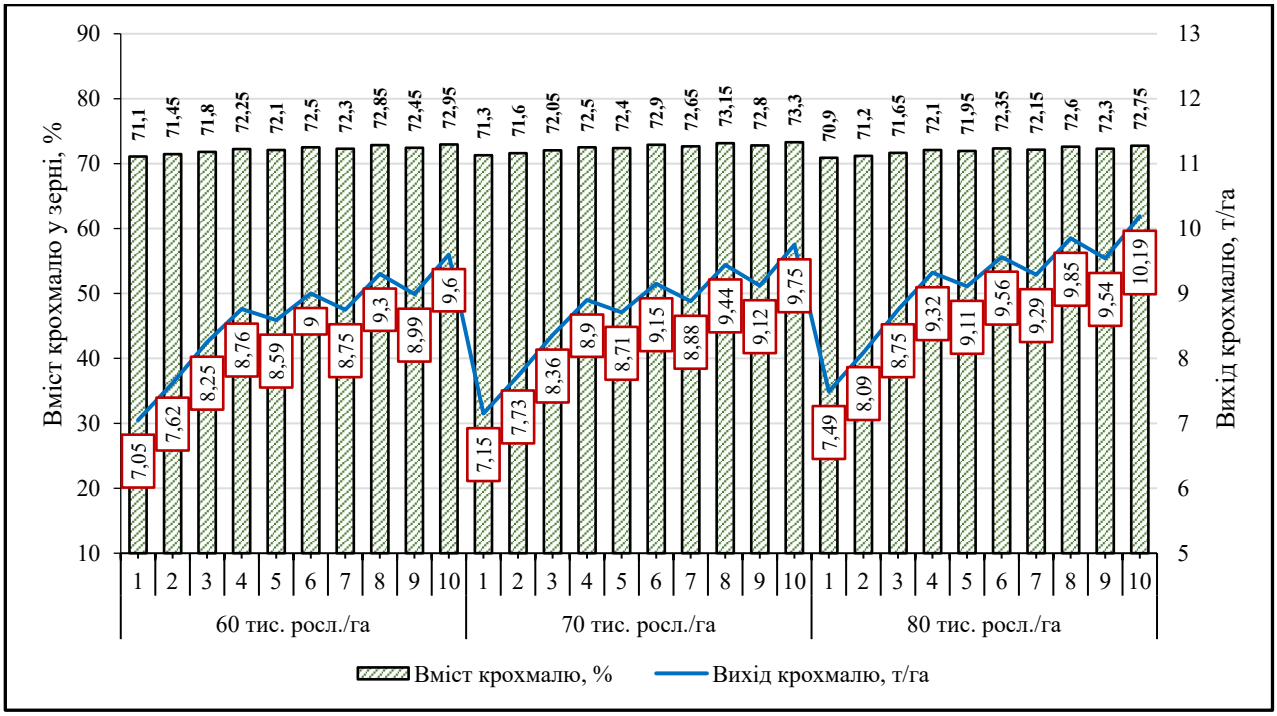


Рис. 1. Вміст та вихід крохмалю із зерна гібрида кукурудзи Р8436 залежно від густоти стояння рослин та варіантів удобрення (2024–2026 рр.)

Примітка: 1-Без добрив; 2-Без добрив + азотфіксатор; 3-$N_{60}P_{45}K_{45}$; 4- $N_{60}P_{45}K_{45}$ + азотфіксатор; 5-$N_{90}P_{60}K_{60}$; 6-$N_{90}P_{60}K_{60}$ + азотфіксатор; 7-$N_{120}P_{90}K_{90}$; 8-$N_{120}P_{90}K_{90}$ + азотфіксатор; 9) $N_{150}P_{120}K_{120}$; 10) $N_{150}P_{120}K_{120}$+ азотфіксатор (0,333 кг/га).*

зерна, однак їх реакція на поєднання густоти посіву та удобрення відрізнялася.

Для гібрида Р8436 за густоти 60 тис. росл./га вміст крохмалю перебував у межах 71,10–72,95 %, тоді як вихід становив 7,05–9,60 т/га. Зокрема, на контрольному варіанті (без добрив) ці показники становили 71,10 % і 7,05 т/га, тоді як на фоні внесення $N_{60}P_{45}K_{45}$ із застосуванням азотфіксатора вміст крохмалю зростав до 72,25 %, а його вихід сягав 8,76 т/га.

Підвищення густоти до 70 тис. росл./га супроводжувалося зростанням вмісту крохмалю в більшості варіантів до 71,30–73,30 %, а його виходу – до 7,15–9,75 т/га. Так, на варіанті $N_{120}P_{90}K_{90}$ із азотфіксатором за цієї густоти вміст крохмалю досягав 73,15 %, а вихід збільшувався до 9,44 т/га порівняно з 71,30 % і 7,15 т/га на контролі.

За подальшого збільшення густоти до 80 тис. росл./га вміст крохмалю змінювався залежно від системи удобрення та становив 70,90–72,75 %, проте вихід крохмалю зростав до 7,49–10,19 т/га. Найвищий вихід крохмалю у Р8436 (10,19 т/га) сформувався за густоти 80 тис. росл./га, внесення $N_{150}P_{120}K_{120}$ та застосування азотфіксатора. Вміст крохмалю у цьому варіанті становив 72,75 %. Таким чином, поєднання мінеральних добрив із біологічним препаратом сприяло підвищенню виходу крохмалю з одиниці площі. Найвищі значення цього показника формувалися при використанні підвищених норм мінеральних добрив $N_{120}P_{90}K_{90}$ та $N_{150}P_{120}K_{120}$ у поєднанні з азотфіксатором. Водночас зміни вмісту крохмалю в зерні були менш вираженими, ніж зміни його виходу з одиниці площі. Це свідчить про те, що збільшення виходу крохмалю значною мірою було пов'язане зі зростанням продуктивності посіву.

У гібрида Р9255 діапазон варіювання показників був дещо вужчим за вмістом крохмалю – 70,15–72,50 %, тоді як вихід крохмалю змінювався від 7,56 до 10,18 т/га. Зокрема, на контрольному варіанті за густоти 60 тис. росл./га вміст і вихід крохмалю становили 70,20 % і 7,56 т/га. За інтенсивного живлення $N_{150}P_{120}K_{120}$ + азотфіксатор максимальний вихід крохмалю у Р9255 (10,18 т/га за вмісту 72,50 %) формувався за густоти 70 тис. росл./га, тоді як за густоти 80 тис. росл./га вміст і вихід крохмалю становили відповідно 71,90 % і 9,97 т/га.

Одним із важливих показників якості зерна кукурудзи є вміст сирого протеїну, який характеризує його кормову цінність. За результатами досліджень, проведених у 2024–2026 рр., встановлено, що накопичення сирого протеїну в зерні гібридів Р8436 та Р9255 змінювалося залежно від густоти стояння рослин і рівня удобрення. У зерні гібрида Р8436 вміст сирого протеїну за досліджуваними варіантами становив 8,35–10,05 % (рис. 3), тоді як у гібрида Р9255 складав 8,65–10,35 % (рис. 4).

Порівняння варіантів удобрення показало залежність вмісту сирого протеїну від рівня мінерального живлення. Кореляційний аналіз підтвердив тісний позитивний зв'язок між рівнем азотного живлення та вмістом сирого протеїну в зерні. Коефіцієнт кореляції становив r = 0,90 для гібрида Р8436 та r = 0,91 для Р9255, що свідчить про високу залежність накопичення сирого протеїну від рівня мінерального живлення. Водночас зв'язок між густотою стояння рослин і вмістом сирого протеїну був слабким

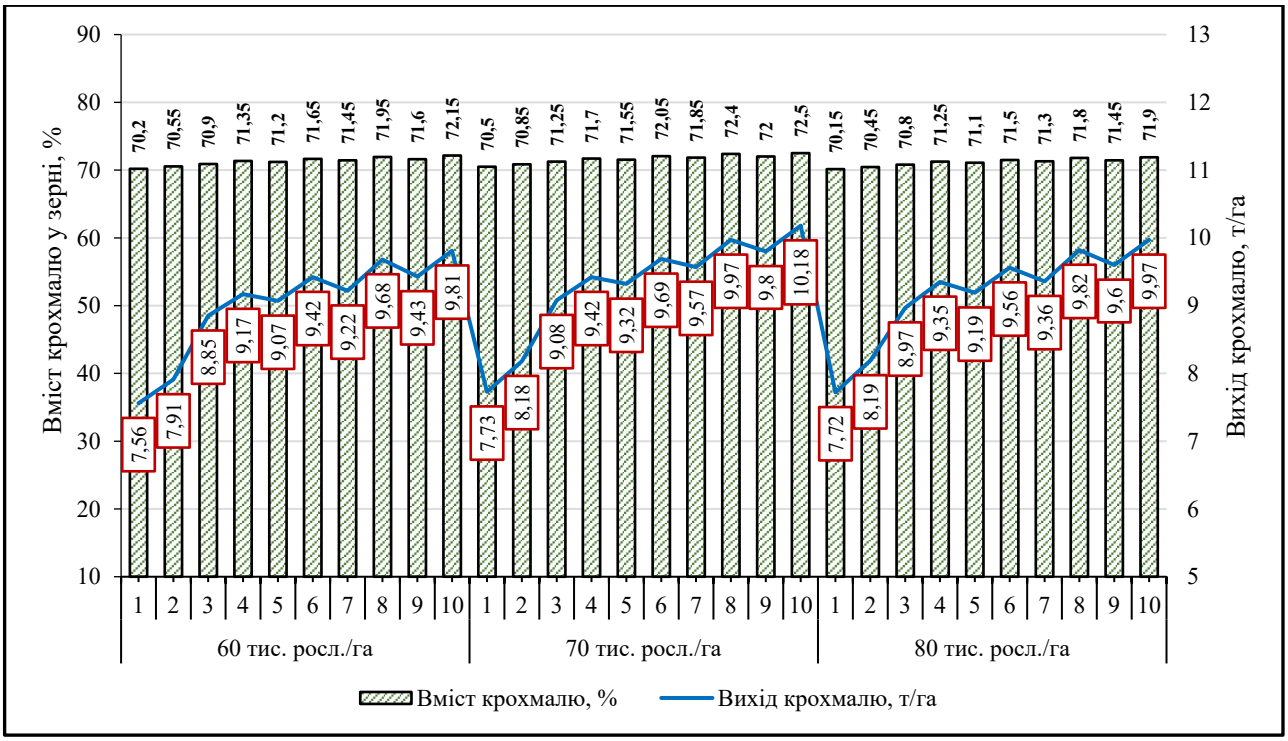


Рис. 2. Вміст та вихід крохмалю із зерна гібрида кукурудзи Р9255 залежно від густоти стояння рослин та варіантів удобрення (2024–2026 рр.)

Примітка: 1-Без добрив; 2-Без добрив + азотфіксатор; 3-$N_{60}P_{45}K_{45}$; 4- $N_{60}P_{45}K_{45}$ + азотфіксатор; 5-$N_{90}P_{60}K_{60}$; 6-$N_{90}P_{60}K_{60}$ + азотфіксатор; 7-$N_{120}P_{90}K_{90}$; 8-$N_{120}P_{90}K_{90}$ + азотфіксатор; 9) $N_{150}P_{120}K_{120}$; 10) $N_{150}P_{120}K_{120}$+ азотфіксатор (0,333 кг/га).*

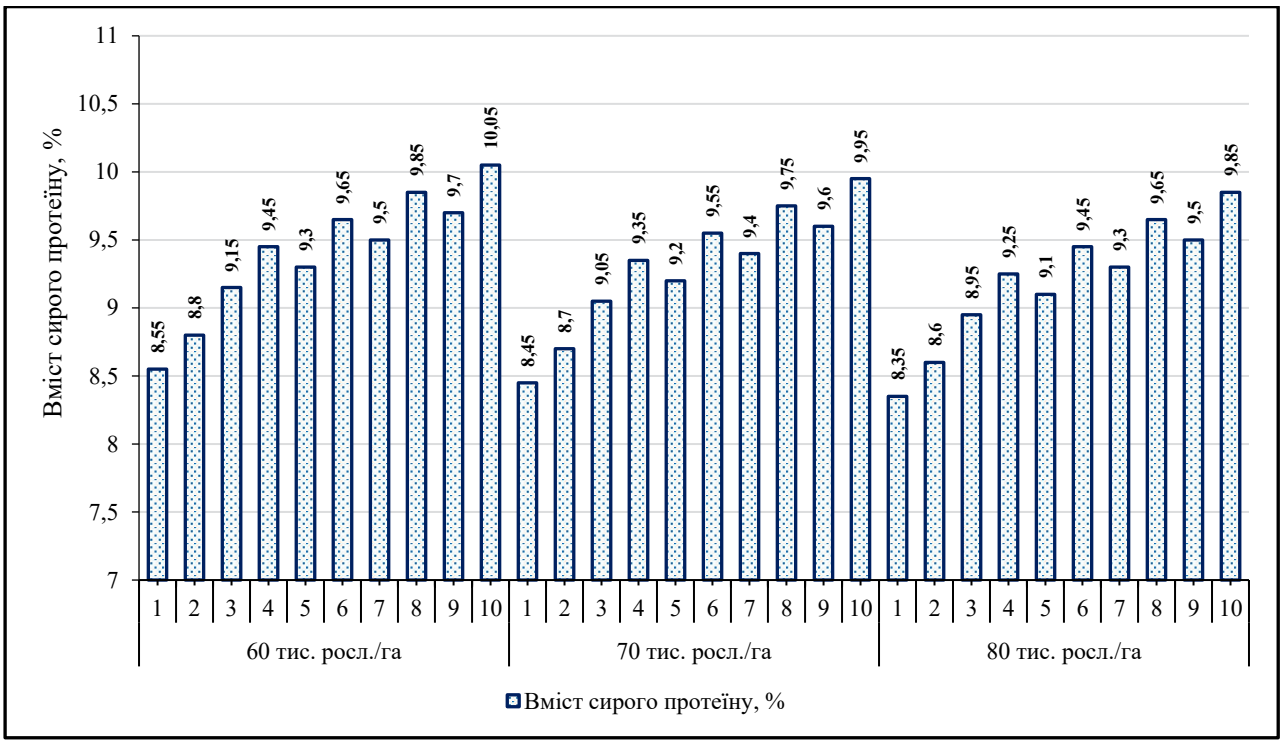


Рис. 3. Динаміка вмісту сирого протеїну (%) у зерні гібрида Р8436 залежно від варіантів удобрення та густоти посіву

Примітка: 1-Без добрив; 2-Без добрив + азотфіксатор; 3-$N_{60}P_{45}K_{45}$; 4- $N_{60}P_{45}K_{45}$ + азотфіксатор; 5-$N_{90}P_{60}K_{60}$; 6-$N_{90}P_{60}K_{60}$ + азотфіксатор; 7-$N_{120}P_{90}K_{90}$; 8-$N_{120}P_{90}K_{90}$ + азотфіксатор; 9) $N_{150}P_{120}K_{120}$; 10) $N_{150}P_{120}K_{120}$+ азотфіксатор (0,333 кг/га).*

і мав від'ємний характер (r = –0,23 та r = –0,18 відповідно), що узгоджується з тенденцією до зниження концентрації протеїну за збільшення густоти посіву. На контрольному варіанті показник був найнижчим, тоді як із підвищенням норм мінеральних добрив його значення зростали. Додаткове застосування азотфіксатора посилювало цю тенденцію. Найвищий вміст сирого протеїну за густоти 60 тис. росл./га зафіксовано за внесення $N_{150}P_{120}K_{120}$ + азотфіксатор – 10,05 % у Р8436 та 10,35 % у Р9255.

Перехід від 60 до 70 тис. росл./га підвищував концентрацію крохмалю в усіх варіантах обох гібридів, тоді як загущення до 80 тис. супроводжувалося її зниженням. Відповідно, вихід крохмалю з одиниці площі визначався переважно продуктивністю посіву: приріст від контролю до найкращого варіанта становив +44,5 % у Р8436 та +34,7 % у Р9255, що відповідає наведеним у літературі результатам впливу азотного живлення та удобрення [12, 14, 13, 5].

Для умов Центрального Лісостепу України для отримання зерна з підвищеним умістом протеїну (кормові та харчові цілі) можна рекомендувати сівбу за густоти 60 тис. росл./га на фоні $N_{150}P_{120}K_{120}$ + азотфіксатор (10,05 % у Р8436, 10,35 % у Р9255); а для максимізації виходу крохмалю – сівбу гібриду Р8436 за густоти 80 тис. росл./га на тому ж фоні живлення (10,19 т/га за вмісту крохмалю 72,75 %).

Висновки:

1. Гібрид Р8436 характеризувався вищим умістом крохмалю (70,90–73,30 % проти 70,15–72,50 %) і вищим максимальним виходом крохмалю з одиниці площі (10,19 проти 10,18 т/га), тоді як Р9255 – вищим умістом сирого протеїну (8,65–10,35 % проти 8,35–10,05 %).

2. Реакція гібридів на густоту посіву була залежною від генотипу. У Р8436 вихід крохмалю зростав зі збільшенням густоти до 80 тис. росл./га (з 9,60 до 10,19 т/га на фоні $N_{150}P_{120}K_{120}$ + азотфіксатор), тоді як у Р9255 максимум показника (10,18 т/га) формувався за густоти 70 тис. росл./га, а подальше загущення до 80 тис. супроводжувалося його зниженням до 9,97 т/га. Тому узагальнення «більша густота дає більший вихід крохмалю» справедливе лише для Р8436.

3. Уміст сирого протеїну зі збільшенням густоти посіву знижувався. Максимальні значення показника в обох гібридів (10,05 % у Р8436 та 10,35 % у Р9255) сформувалися за густоти 60 тис. росл./га на фоні $N_{150}P_{120}K_{120}$ + азотфіксатор; за густоти 70 і 80 тис. росл./га вони становили відповідно 9,85 % та 10,15 %.

4. Система мінерального живлення була головним керованим чинником якості. Підвищення норм добрив до $N_{150}P_{120}K_{120}$ у поєднанні з азотфіксатором забезпечувало найвищі значення досліджуваних показників в обох гібридів. Тісний позитивний зв'язок умісту сирого протеїну з рівнем азотного живлення (r =0,90 у Р8436 та r = 0,91 у Р9255) підтверджує провідну роль азотного режиму у накопиченні білка, тоді як зв'язок показника з густотою посіву був слабким і від'ємним (r = –0,23 та r = –0,18).

5. Азотфіксатор посилював дію мінеральних добрив у всіх варіантах, не замінюючи їх. На фоні $N_{150}P_{120}K_{120}$ у Р8436 за густоти 80 тис. росл./га він підвищував вихід крохмалю з 9,54 до 10,19 т/га, а вміст протеїну за густоти

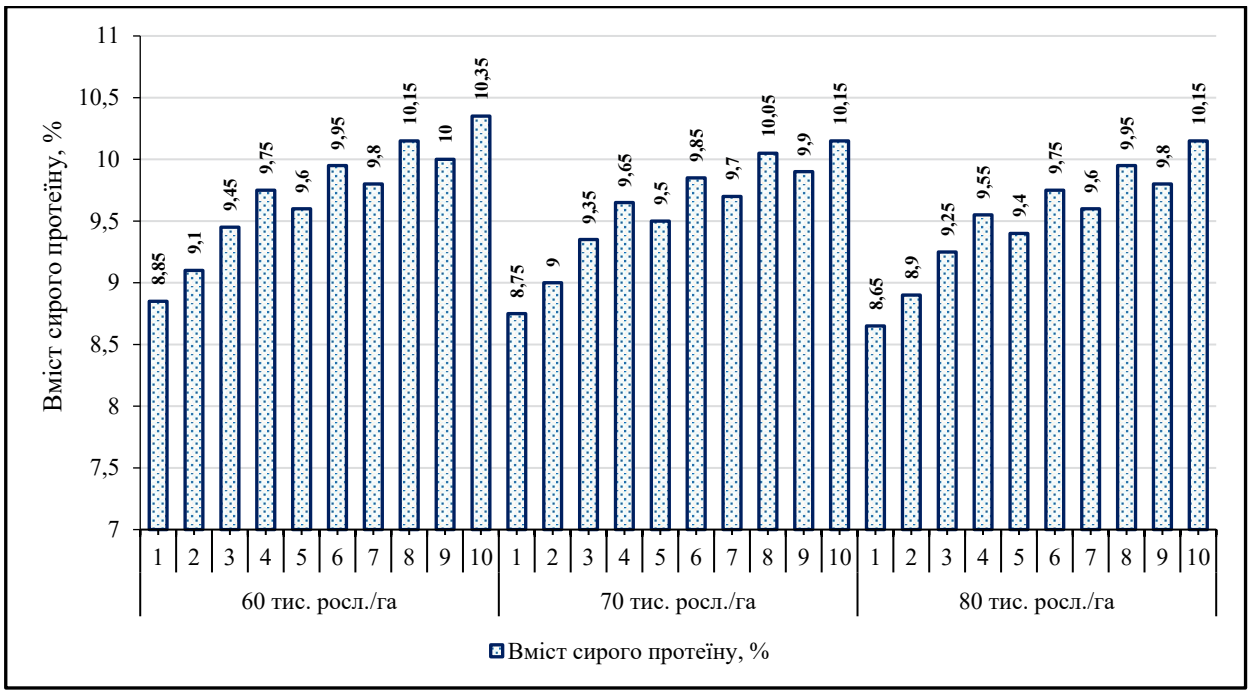


Рис. 4. Динаміка вмісту сирого протеїну (%) у зерні гібрида Р9255 залежно від варіантів удобрення та густоти посіву

Примітка: 1-Без добрив; 2-Без добрив + азотфіксатор; 3-$N_{60}P_{45}K_{45}$; 4- $N_{60}P_{45}K_{45}$ + азотфіксатор; 5-$N_{90}P_{60}K_{60}$; 6-$N_{90}P_{60}K_{60}$ + азотфіксатор; 7-$N_{120}P_{90}K_{90}$; 8-$N_{120}P_{90}K_{90}$ + азотфіксатор; 9) $N_{150}P_{120}K_{120}$; 10) $N_{150}P_{120}K_{120}$+ азотфіксатор (0,333 кг/га).*

60 тис. – з 9,70 до 10,05 % (у Р9255 відповідно з 10,00 до 10,35 %), тому біопрепарат доцільно застосовувати в комплексі з мінеральними добривами як елемент інтенсифікації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Влащук А. М., Колпакова О. С., Конащук О. П. Вплив строків сівби на продуктивність та якість зерна гібридів кукурудзи в умовах зрошення. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 3. С. 89–95. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog_2017_3_16.
2. Засуха А. А., Вахній С. П. Особливості формування урожайності, якісних показників зерна і побічної продукції кукурудзи та розрахунковий вихід паливних пелет залежно від елементів технології вирощування. *Аграрні інновації*. 2024. Вип. 26. С. 41–52. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.6.
3. 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*. 2025. № 13. С. 273–281. https://doi.org/10.32782/naturaljournal.13.2025.25.
4. Камінський В. Ф., Асанішвілі Н. М. Формування якості зерна кукурудзи різних напрямів використання залежно від технології вирощування в Лісостепу. *Корми і кормовиробництво*. 2020. Вип. 89. С. 74–84. https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202089-07.
5. Куценко О. М., Ляшенко В. В., Чайка Т. О., Кеда Л. Ю. Особливості росту, розвитку та формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від строку сівби. *Таврійський науковий вісник*. 2023. Вип. 134. С. 79–88. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.12.
6. Лісовал А. П. Методи агрохімічних досліджень. Київ : Вид-во НАУ, 2001. 247 с.
7. Надь Я. Кукурудза. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2012. 580 с.
8. Петриченко В. Ф., Томашук О. В. Особливості формування показників якості зерна кукурудзи за різних технологій вирощування в умовах Лісостепу Правобережного. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2019. Т. 10, № 2. С. 29–37. https://doi.org/10.31548/agr2019.02.029.
9. Поляков В. І. Особливості формування якісних показників зерна кукурудзи залежно від комплексу елементів технології вирощування. *Агробіологія*. 2020. Вип. 2. С. 132–138. https://doi.org/10.33245/2310-9270-2020-161-2-132-138.
10. Сендецький В. М. Урожайність та якісні показники зерна кукурудзи за сумісного застосування соломи та сидератів. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Вип. 105. С. 147–154. URL: https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/105_2019/26.pdf.
11. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А. Методика польового досліду. Зрошуване землеробство. Одеса : Олді Плюс+, 2024. 448 с. URL: https://oldiplus.ua/.
12. Aziiba E. A., Chai Q., Coulter J. A. Mechanisms of Nitrogen Use in Maize. *Agronomy*. 2019. Vol. 9, № 12. P. 1–16. https://doi.org/10.3390/agronomy9120775.
13. Fauziah L., Anggraeni L., Latifah E., Istiqomah N., Khamidah A. Increased yield and quality of corn by inorganic fertilizers and utilization of corn as food to support food security. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023. Vol. 1253, № 1. P. 1–15. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1253/ 1/012129.
14. Rawal N., Vista S. P., Khadka D., Paneru P. Grain Yield, Nitrogen Accumulation, and Its Use Efficiency of Maize

as Influenced by Varying Nitrogen Rates. *International Journal of Agronomy*. 2024. Vol. 2024, № 1. P. 1–12. https://doi.org/10.1155/2024/4104123.
15. Schulze W. X., Altenbuchinger M., He M., Kränzlein M., Zörb C. Proteome profiling of repeated drought stress reveals genotype-specific responses and memory effects in maize. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2020. Vol. 159. P. 67–79. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.12.009.
16. Uribelarrea M., Below F. E., Moose S. P. Grain Composition and Productivity of Maize Hybrids Derived from the Illinois Protein Strains in Response to Variable Nitrogen Supply. *Crop Science*. 2004. Vol. 44, № 5. P. 1593–1600. https://doi.org/10.2135/cropsci2004.1593.
17. Wang F., Wang L., Yu X., Gao J., Ma D., Guo H., Zhao H. Effect of Planting Density on the Nutritional Quality of Grain in Representative High-Yielding Maize Varieties from Different Eras. *Agriculture*. 2023. Vol. 13, № 9. P. 1–16. https://doi.org/10.3390/agriculture13091835.
18. Yang X., Li Q. Influence of Agronomic Practices on Maize Protein and Starch Contents. *Field Crop*. 2024. Vol. 7, № 3. P. 158–170. https://doi.org/10.5376/fc.2024.07.0016.

REFERENCES:

1. Vlashchuk, A. M., Kolpakova, O. S., & Konashchuk, O. P. (2017). Vplyv strokiv sivby na produktyvnist ta yakist zerna hybridiv kukurudzy v umovakh zroshennia [Influence of sowing dates on productivity and grain quality of maize hybrids under irrigation]. *Ahroekolohichnyi zhurnal*, (3), 89–95. http://nbuv.gov.ua/UJRN/agrog_2017_3_16 [in Ukrainian].
2. Zasukha, A. A., & Vakhnii, S. P. (2024). Osoblyvosti formuvannia urozhainosti, yakisnykh pokaznykiv zerna i pobichnoi produktsii kukurudzy ta rozrakhunkovyi vykhid palyvnykh pelet zalezhno vid elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia [Features of yield formation, grain quality indicators and by-products of maize and estimated fuel pellet yield depending on cultivation technology elements]. *Ahrarni innovatsii*, (26), 41–52. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.26.6 [in Ukrainian].
3. Ivaniv, M. O., Sydiakina, O. V., & Hamula, Ye. A. (2025). Vplyv umov zvolozhennia, biolohichnykh osoblyvostei hibrydiv i hustoty stoiannia roslyn na vmist syroho proteinu v zerni kukurudzy [Influence of moisture conditions, biological characteristics of hybrids and plant density on crude protein content in maize grain]. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnychykh nauk*, (13), 273–281. https://doi.org/10.32782/naturaljournal.13.2025.25 [in Ukrainian].
4. Kaminskyi, V. F., & Asanishvili, N. M. (2020). Formuvannia yakosti zerna kukurudzy riznykh napriamiv vykorystannia zalezhno vid tekhnolohii vyroshchuvannia v Lisostepu [Formation of maize grain quality for different uses depending on cultivation technology in the Forest-Steppe zone]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, (89), 74–84. https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202089-07 [in Ukrainian].
5. Kutsenko, O. M., Liashenko, V. V., Chaika, T. O., & Keda, L. Yu. (2023). Osoblyvosti rostu, rozvytku ta formuvannia produktyvnosti hibrydiv kukurudzy zalezhno vid stroku sivby [Peculiarities of growth, development, and formation of maize hybrids' productivity depending on sowing time]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, (134), 79–88. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.12 [in Ukrainian].
6. Lisoval, A. P. (2001). *Metody ahrokhimichnykh doslidzhen* [Methods of agrochemical research]. NAU. [in Ukrainian].
7. Nad, Ya. (2012). *Kukurudza [Maize].* FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian].
8. Petrychenko, V. F., & Tomashuk, O. V. (2019). Osoblyvosti formuvannia pokaznykiv yakosti zerna kukurudzy za riznykh tekhnolohii vyroshchuvannia v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho [Peculiarities of maize grain quality indicators formation under different cultivation technologies in the Right-Bank Forest-Steppe]. *Roslynnytstvo ta gruntoznavstvo, 10*(2), 29–37. https://doi.org/10.31548/agr2019.02.029 [in Ukrainian].
9. Poliakov, V. I. (2020). Osoblyvosti formuvannia yakisnykh pokaznykiv zerna kukurudzy zalezhno vid kompleksu elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia [Features of maize grain quality indicators formation depending on a complex of cultivation technology elements]. *Ahrobiolohiia*, (2), 132–138. https://doi.org/10.33245/2310-9270-2020-161-2-132-138 [in Ukrainian].
10. Sendetskyi, V. M. (2019). Urozhainist ta yakisni pokaznyky zerna kukurudzy za sumisnoho zastosuvannia solomy ta syderativ [Yield and quality indicators of maize grain under combined application of straw and green manure]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, (105), 147–154. https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/105_2019/26.pdf [in Ukrainian].
11. Ushkarenko, V. O., & Vozhehova, R. A. (2024). *Metodyka polovoho doslidu. Zroshuvane zemlerobstvo [Methodology of Field Experiments. Irrigated Agriculture].* Odesa: Oldi Plius+ [in Ukrainian].
12. Aziiba, E. A., Chai, Q., & Coulter, J. A. (2019). Mechanisms of nitrogen use in maize. *Agronomy*, 9(12), Article 775. https://doi.org/10.3390/agronomy9120775
13. Fauziah, L., Anggraeni, L., Latifah, E., Istiqomah, N., & Khamidah, A. (2023). Increased yield and quality of corn by inorganic fertilizers and utilization of corn as food to support food security. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1253*(1), Article 012129. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1253/1/012129
14. Rawal, N., Vista, S. P., Khadka, D., & Paneru, P. (2024). Grain yield, nitrogen accumulation, and its use efficiency of maize as influenced by varying nitrogen rates. *International Journal of Agronomy, 2024*(1), Article 4104123. https://doi.org/10.1155/2024/4104123
15. Schulze, W. X., Altenbuchinger, M., He, M., Kränzlein, M., & Zörb, C. (2020). Proteome profiling of repeated drought stress reveals genotype-specific responses and memory effects in maize. *Plant Physiology and Biochemistry, 159*, 67–79. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.12.009
16. Uribelarrea, M., Below, F. E., & Moose, S. P. (2004). Grain composition and productivity of maize hybrids derived from the Illinois protein strains in response to variable nitrogen supply. *Crop Science, 44*(5), 1593–1600. https://doi.org/10.2135/cropsci2004.1593
17. Wang, F., Wang, L., Yu, X., Gao, J., Ma, D., Guo, H., & Zhao, H. (2023). Effect of planting density on the nutritional quality of grain in representative high-yielding maize varieties from different eras. *Agriculture, 13*(9), Article 1835. https://doi.org/10.3390/agriculture13091835
18. Yang, X., & Li, Q. (2024). Influence of agronomic practices on maize protein and starch contents. *Field Crop, 7*(3), 158–170. https://doi.org/10.5376/fc.2024.07.0016

Антоненко О.О., Бачинський О.В. Оптимізація режиму живлення та густоти посіву як фактор підвищення якості зерна кукурудзи

Мета. Визначити особливості формування хімічного складу зерна гібридів кукурудзи різних груп стиглості за оптимізованої густоти посіву та сумісного застосування мінеральних добрив і біопрепарату Блу N в агрокліматичних умовах Центрального Лісостепу України. **Методи.** Дослідження проводили впродовж 2024–2026 рр. на базі СТОВ «Любарецьке» Київської області на посівах гібридів кукурудзи Р9255 та Р8436. Площа облікової ділянки становила 33 м², дослід закладено з чотирикратною повторністю за послідовного багатоярусного розміщення варіантів. Схема досліду передбачала застосування мінеральних добрив у нормах $N_{60}P_{45}K_{45}$, $N_{90}P_{60}K_{60}$, $N_{120}P_{90}K_{90}$ та $N_{150}P_{120}K_{120}$ у поєднанні з позакореневим внесенням біопрепарату на основі азотфіксувальної бактерії *Methylobacterium symbioticum* у фазу 5–6 листків і варіювання густоти стояння рослин (60, 70 та 80 тис. рослин/га). **Результати.** Встановлено залежність вмісту крохмалю та сирого протеїну в зерні від генотипових особливостей гібридів, густоти стояння рослин і системи удобрення. У гібрида Р8436 вміст крохмалю становив 70,90–73,30 %, а його вихід складав 7,05–10,19 т/га, а у гібрида Р9255 відповідні показники становили 70,15–72,50 % та 7,56–10,18 т/га. Виявлено, що збільшення густоти посіву від 60 до 70 тис. росл./га сприяло підвищенню вмісту крохмалю у більшості варіантів, тоді як подальше загущення до 80 тис. росл./га супроводжувалося його певним зниженням. Водночас максимальний вихід крохмалю з одиниці площі у гібрида Р8436 (10,19 т/га) формувався за густоти 80 тис. росл./га, а у гібрида Р9255 (10,18 т/га) – за густоти 70 тис. росл./га на фоні $N_{150}P_{120}K_{120}$ у поєднанні з азотфіксатором. Встановлено, що вміст сирого протеїну в зерні Р8436 становив 8,35–10,05 %, а Р9255 складав 8,65–10,35 %. При цьому його найвищі показники (10,05 та 10,35% відповідно) забезпечувало поєднання густоти 60 тис. росл./га з внесенням максимальної норми добрив і азотфіксатора. Підтверджено, що підвищення рівня мінерального живлення у поєднанні з азотфіксатором сприяло накопиченню сирого протеїну в зерні обох гібридів. **Висновки.** Доведено, що підвищення рівня мінерального живлення у поєднанні з азотфіксатором сприяло збільшенню вмісту сирого протеїну в зерні обох гібридів. Визначено, що оптимізація густоти стояння рослин та системи мінерально-біологічного живлення забезпечувала диференційоване формування якісних показників зерна залежно від генотипу гібрида. Виявлено, що Р9255 характеризувався дещо вищим вмістом сирого протеїну, тоді як Р8436 – вищою концентрацією крохмалю та максимальним його виходом.

Ключові слова: кукурудза, гібрид, Р8436, Р9255, зерно, крохмаль, сирий протеїн, густота стояння рослин, мінеральні добрива, азотфіксатор, система живлення, якість зерна, Центральний Лісостеп України.

Antonenko O.O., Bachynskyi O.V. Optimization of nutrient supply and plant density as a factor in improving maize grain quality

Purpose. To determine the specific features of the formation of the chemical composition of maize grain in hybrids of different maturity groups under optimized plant density and the combined application of mineral fertilizers and the biological preparation Blue N under the agro-climatic conditions of the Central Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** The research was conducted during 2024–2026 at the «Lyubaretske» LLC on maize hybrids P9255 and P8436. The area of the accounting plot was 33 m²; 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 $N_{60}P_{45}K_{45}$, $N_{90}P_{60}K_{60}$, $N_{120}P_{90}K_{90}$ and $N_{150}P_{120}K_{120}$ in combination with foliar application of the biological preparation 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.** A dependence of starch and crude protein contents in maize grain on the genotypic characteristics of the hybrids, plant density, and fertilization system was established. In hybrid P8436, starch content ranged from 70.90 to 73.30 %, while starch yield ranged from 7.05 to 10.19 t/ha; in hybrid P9255, the corresponding values were 70.15–72.50 % and 7.56–10.18 t/ha, respectively. It was revealed that increasing plant density from 60 to 70 thousand plants/ha contributed to an increase in starch content in most experimental variants, whereas further increasing the density to 80 thousand plants/ha was accompanied by a certain decrease in this parameter. At the same time, the maximum starch yield per unit area – 10.19 t/ha in hybrid P8436 and 10.18 t/ha in hybrid P9255 – was formed at plant densities of 80 and 70 thousand plants/ha, respectively, under the $N_{150}P_{120}K_{120}$ background combined with the nitrogen fixer. It was established that crude protein content in P8436 grain ranged from 8.35 to 10.05 %, while in P9255 it ranged from 8.65 to 10.35 %, with the highest values (10.05 and 10.35 %, respectively) ensured by combining a plant density of 60 thousand plants/ha with the application of the maximum fertilizer rate and the nitrogen fixer. It was confirmed that increasing the level of mineral nutrition in combination with the nitrogen fixer contributed to the accumulation of crude protein in the grain of both hybrids. **Conclusions.** It was proven that increasing the level of mineral nutrition in combination with the nitrogen fixer contributed to an increase in crude protein content in the grain of both hybrids. It was determined that the optimization of plant density and the mineral-biological nutrition system ensured the differentiated formation of grain quality parameters depending on the hybrid genotype. It was revealed that P9255 was characterized by a slightly higher crude protein content, whereas P8436 exhibited a higher starch concentration and maximum starch yield.

Key words: maize, hybrid, P8436, P9255, grain, starch, crude protein, plant density, mineral fertilizers, nitrogen fixer, nutrient supply system, grain quality, Central Forest-Steppe of Ukraine.

Дата першого надходження статті до видання: 31.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 633.853.494:632.937.14:631.67(477.7)
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.2

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БІОПРЕПАРАТІВ НА РІПАКУ ОЗИМОМУ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

БАЛАБАШ В.С.
orcid.org/0009-0006-4178-3242
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України
ДРОБІТ О.С. – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник
orcid.org/0000-0002-3633-5828
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України
ВЛАЩУК А.М. – кандидат сільськогосподарських наук, с.н.с.
orcid.org/0000-0002-2818-8127
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України
ПАТИК С.М. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0009-0003-8542-5971
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Перспективні вектори трансформації світового аграрного сектору зосереджені на екологізації та біологізації технологій вирощування с.-г. культур, що обумовлено глобальними змінами клімату, деградацією ґрунтів і суворими вимогами до безпеки отриманої продукції [1, 2].

Ріпак озимий займає важливе місце в структурі світового та вітчизняного експорту, виступаючи як високорентабельна, проте надзвичайно чутлива до стресових чинників та патогенних організмів олійна культура. В умовах посушливого клімату півдня України отримання стабільних урожаїв насіння ріпаку озимого за допомогою традиційних хімічних методів стає дедалі складнішим і економічно ризикованішим завданням. Надмірне використання пестицидів погіршує стан грунті, викликає розвиток резистентності у патогенів, що значно знижує ефективність використання стандартних пестицидів фунгіцидної дії [3–5].

Світова практика демонструє високу ефективність альтернативних методів, заснованих на інтеграції біопрепаратів у технологічні процеси вирощування культури. Зокрема у країнах Європейського Союзу, відповідно до стратегії «From Farm to Fork», біозасоби на основі бактерій роду *Bacillus* та грибів *Trichoderma* вже стали ключовими у захисті посівів ріпаку озимого. Наукові дослідження у Франції та Німеччині показують, що такі біофунгіциди не лише контролюють фомоз та альтернаріоз на рівні з хімічними аналогами, а й сприяють розвитку кореневої системи рослин [6, 7].

У Канаді обробка насіння каноли біологічними агентами перед посівом допомагає культурі протистояти раннім патогенам в умовах термічного стресу. Досвід Австралії також вказує на те, що застосування біопрепаратів з антистресовими властивостями в посушливих регіонах значно підвищує здатність рослин адаптуватися до нестачі вологи шляхом активізації їх внутрішнього імунітету [8, 9].

У південному регіоні, де обмежуючими факторами є нестача вологи та високі температури, більшість технологічних рекомендацій щодо вирощування насіння ріпаку озимого, створених для Лісостепу та Полісся, виявляються малоефективними [10].

В зв'язку з чим актуальності набувають дослідження, які зосереджені на розробці та обґрунтуванні екологічно безпечних систем захисту посівів ріпаку озимого в умовах гідротермічного стресу. Аналіз ефективності сучасних біопрепаратів у складних кліматичних умовах півдня України дозволить оптимізувати технології вирощування культури, зменшити використання пестицидів та забезпечити стабільну продуктивність посівів навіть за мінімального рівня вологозабезпечення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оптимізація захисту та стимулювання росту олійних культур за допомогою біологічних агентів привертає увагу багатьох вітчизняних і зарубіжних дослідників. Наукові роботи провідних фахівців детально описують механізми, за якими біопрепарати здійснюють фунгістатичну дію, контролюючи поширення основних збудників хвороб та активізуючи внутрішній імунітет рослин. Однак більшість фундаментальних досліджень щодо створення високопродуктивних агроценозів ріпаку озимого зосереджується на умовах Правобережного Лісостепу та Полісся, де вологозабезпечення є стабільнішим [11, 12].

Часто ігноруються особливості роботи мікробіологічних компонентів в складних гідротермічних умовах Південного Степу. Існуючі публікації щодо вирощування ріпаку озимого на півдні України переважно досліджують класичні мінеральні системи живлення

© Балабаш В.С., Дробіт О.С., Влащук А.М., Патик С.М., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

або вплив хімічних фунгіцидів-ретардантів. Комплексна оцінка безхімічного органічного захисту посівів культури біофунгіцидами в умовах підвищеної посушливості залишається недостатньою. Практичний досвід використання мікробіологічних препаратів у регіонах із критичним дефіцитом вологи показує їхній виражений антистресовий тривалий ефект. Але відсутність чітких регламентів та відповідно адаптованих схем внесення для посушливих зон значно стримує широке впровадження біологічних технологій для вирощування насіння ріпаку озимого у виробництво [3, 11, 13].

Мета – визначити ефективність застосування біопрепаратів на ріпаку озимому в зрошуваних і неполивних умовах півдня України.

Матеріали та методика досліджень. Польові дослідження проводили протягом трьох вегетаційних циклів (2023/2024–2024/2025–2025/2026 років) у господарстві «ГСП», розташованому в Березівському районі Одеської області. Оскільки об'єктом дослідження була озима культура, фіксацію та аналіз результатів насіннєвої продуктивності здійснювали під час літніх періодів дозрівання та збору врожаю в 2024, 2025 і 2026 роках.

Ґрунтовий покрив досліджуваної ділянки представлений чорноземами звичайними з низьким вмістом гумусу. Фізико-хімічні властивості землі вказують на нейтральну або слабколужну реакцію ґрунтового розчину, з pH водного витягу знаходиться у діапазоні 6,9–7,2.

Дослід закладали методом розщеплених ділянок, використовуючи випадкове розташування варіантів, що дозволяє об'єктивно оцінити вплив досліджуваних чинників та їх взаємодію. Фактор А включав умови вологозабезпечення (без зрошення; зрошення). Фактор В – застосування біопрепаратів (Контроль – без препарату; Ампеломіцин БТ; Планриз БТ; Триходермін БТ). Фактор С – строки внесення (утворення розетки + стеблування + бутонізація; стеблування + бутонізація). Дослідження проводили з чотириразовою повторністю, використовуючи співвідношення факторів у варіації 2:4:2. Це дозволило створити 16 варіантів із чотирикратним повторенням, внаслідок чого на дослідному полі було отримано 64 облікові ділянки.

Культуру вирощували, застосовуючи стандартизовану технологію, адаптовану до кліматичних та ґрунтових характеристик півдня України. Раніше на дослідній ділянці вирощували пшеницю озиму. Цей регіон був обраний для польових досліджень завдяки своїм типовим зональним характеристикам, зокрема рівню природного зволоження та родючості ґрунтів, що дозволяє поширювати отримані результати на інші подібні агроекологічні зони. Дослідження включало використання біопрепаратів з високою ефективністю проти грибкових захворювань, які допомагають пригніченню патогенної мікрофлори та покращенню фітосанітарного стану посівів на початку вегетації.

Основу методології роботи склали загальновизнані наукові методи, зокрема: польовий – для організації дослідів і дослідження біологічних характеристик ріпаку озимого в природних умовах; візуальний – для фіксації стадій органогенезу й моніторингу розвитку рослин; розрахунково-порівняльний – для оцінки виходу якісного насіння та економічної ефективності; математично-статистичний – для підтвердження та обґрунтування достовірності отриманих експериментальних результатів. Програма досліджень, планування експериментів та супутні обліки реалізовувались з дотриманням сучасних галузевих методичних рекомендацій, посібників та стандартів класичного дослідництва [14, 15].

Результати досліджень. Клімат півдня України характеризується як помірно континентальний типом з проявами посушливості – з тривалим, жарким літом та короткою, здебільшого малосніжною зимою з частими відлигами. У ході експериментальних досліджень, які проводили в період з 2023 по 2026 роки, погодні умови загалом відповідали типовим умовам регіону. Графічний аналіз температурного режиму за три сільськогосподарські роки показує значні амплітудні відхилення від середньої багаторічної норми, що безпосередньо вплинуло на врожайність насіння культури (рис. 1).

В 2023–2024 с.-г. році температурний режим осені був близьким до кліматичної норми з тенденцією до потепління в листопаді. Хоча екстремальних морозів взимку не було, аномально теплий лютий (+5,0 °С) призвів до надраннього відновлення весняної вегетації. Різке підвищення температур у квітні прискорило фенофази, тоді як літні місяці відповідали багаторічним значенням, сприяючи стабільному формуванню врожаю. Впродовж 2024–2025 с.-г. року спостерігався значний температурний контраст і термічний стрес рослин. Низькі показники жовтня і листопада змінювалися аномально теплим січнем (+2,0 °С). Падіння температури в лютому до -3,9 °С викликало вимерзання та пошкодження рослин. Весняно-літні аномалії в березні (+7,3 °С), червні та липні (+26,2 °С) на тлі посухи скоротили період наливу насіння, що спричинило відкривання стручків та значне зниження врожайності ріпаку озимого. В сільськогосподарському році 2025–2026 сформувалися найбільш збалансовані агрокліматичні умови. Помірні температури вересня й жовтня стримували переростання надземної маси, а теплий листопад (+7,6 °С) продовжив розвиток кореневої системи. Стабільні зимові температури забезпечили високу збереженість посівів. Поступове весняне прогрівання в березні та квітні подовжило фази бутонізації та цвітіння за шкалою ВВСН, а відсутність критичної спеки влітку забезпечила максимальну виповненість насіння та максимальну продуктивність культури.

Аналіз змін і особливостей розподілу опадів у роки досліджень у порівнянні з середньою багаторічною нормою надає наукове підґрунтя для розуміння закономірностей вологозабезпечення посівів та визначення їхнього впливу на кінцеву продуктивність культури. Протягом 2023–2024 с.-г. році відзначалося дуже нерівномірне зволоження протягом усього періоду вегетації (рис. 2). Значний дефіцит опадів у вересні та жовтні суттєво затримав появу сходів, проте листопадові опади (приблизно 69 мм) частково компенсували осінню посуху. Зимовий період з – грудня по березень був рекордно сухим із кількістю опадів менше 10 мм. Весняні опади у квітні (понад 55 мм) забезпечили необхідну вологу для рослин під час бутонізації, однак подальша нестача вологи в червні та липні обмежила повну реалізацію потенціалу культури.

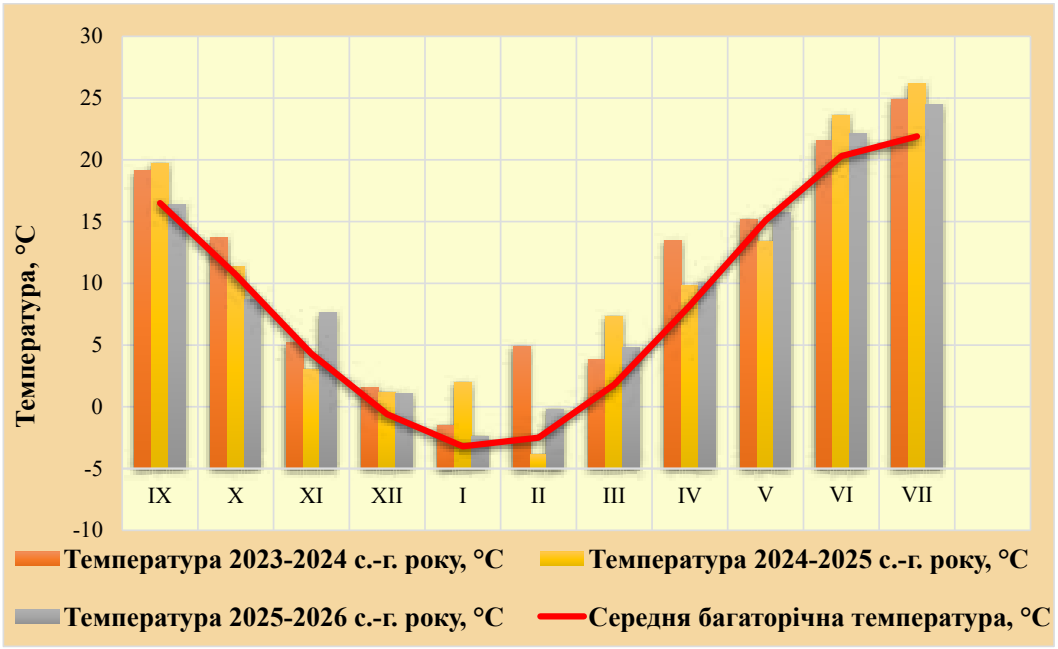


Рис. 1. Температура повітря за період проведення досліджень на посівах ріпаку озимому (2023/2026 МР)

У 2024–2025 роках умови зволоження на початкових етапах розвитку були сприятливими, що змінилося критичним весняно-літнім дефіцитом вологи. Вересневі опади (понад 60 мм) і стабільне зволоження в грудні створили достатній стартовий запас продуктивної вологи в ґрунті.

Проте тривала посуха в березні та квітні збіглася з початком весняного розвитку та органогенезу рослин, що на тлі липневого дефіциту опадів (близько 16 мм) викликало сильний гідротермічний стрес і призвело до значного зниження маси 1000 насіння. 2025–2026 с.-г. рік відзначився найбільш оптимальним та збалансованим режимом зволоження, що сприяло досягненню максимальної врожайності. Інтенсивні опади у вересні (близько 60 мм) та в листопаді (понад 45 мм) забезпечили дружні сходи та потужний розвиток кореневої системи. Рівномірний розподіл опадів взимку та помірне зволоження навесні повністю задовольнили біологічні потреби ріпаку. Червневі опади на рівні норми (близько 53 мм), разом із достатньою кількістю дощів у липні, продовжили фазу наливу і забезпечили максимальну виповненість насіння.

Для комплексної оцінки водного режиму посівів ріпаку озимого визначали середню за період проведення досліджень забезпеченість вологою та загальне водоспоживання залежно від умов вологозабезпечення, біопрепаратів та строків їх внесення. Отримані результати демонструють значну зміну динаміку показників водного режиму агрофітоценозу та загального водоспоживання культури залежно від вивчаємих факторів (табл. 1).

Головним чинником для формування водного балансу культури виявилися умови вологозабезпечення (Фактор А). У варіантах без зрошення, із природним надходженням опадів у розмірі 290,9 мм, вологість ґрунту перед сівбою становила 80,3 %, але до моменту збирання врожаю вона закономірно зменшувалася до 53,9-55,6 %. Сумарне споживання води культурою на цих ділянках коливалося в межах 3156-3173 м³/га. Проведення передпосівного та вегетаційного поливів із загальною нормою 600,0 м³/га сприяло збереженню вологості ґрунту перед сівбою на вищому рівні – 93,4 %, а перед збиранням цей показник становив 59,8-61,7 %. Завдяки оптимізації вологозабезпеченості загальне водоспоживання ріпаку озимого в умовах зрошення закономірно зросло на 21 % порівняно з умовами без поливу, досягнувши 3825-3844 м³/га.

За внесення біопрепаратів (Фактор В) встановлено тенденцію до підвищення ефективності використання вологи посівами. У варіантах із введенням препаратів Ампеломіцин БТ, Планриз БТ та Триходермін БТ відзначалася активніша засвоюваність вологи рослинами порівняно з Контролем. Це підтверджується зниженою вологістю ґрунту перед збиранням та відповідним збільшенням сумарного споживання води. Найвищі обсяги споживання вологи були зафіксовані під впливом препаратів Ампеломіцин БТ та Триходермін БТ, де водоспоживання досягало 3173 м³/га без поливу та 3844 м³/га за зрошення, що свідчить про стимулювальний вплив цих біоагентів на розвиток кореневої системи та вегетативної маси рослин.

Вологозабезпеченість та загальне водоспоживання ріпаку озимого також залежали від строків внесення біопрепаратів (Фактор С). Їх внесення у фазах утворення розетки, стеблуванні та бутонізації забезпечило дещо вищі обсяги сумарного споживання вологи – на 2-3 м³/га більше, ніж за внесення у фазах стеблування та бутонізації. Це свідчить про те, що більш рання стимуляція рослин сприяє активізації процесів транспірації і підвищеному поглинанню ґрунтової вологи вже на початкових етапах вегетації.

Залежно від агротехнічних заходів насіннєва продуктивність ріпаку озимого в середньому за 2024-2026 роки варіювала від 1,57 до 2,89 т/га (рис. 3).

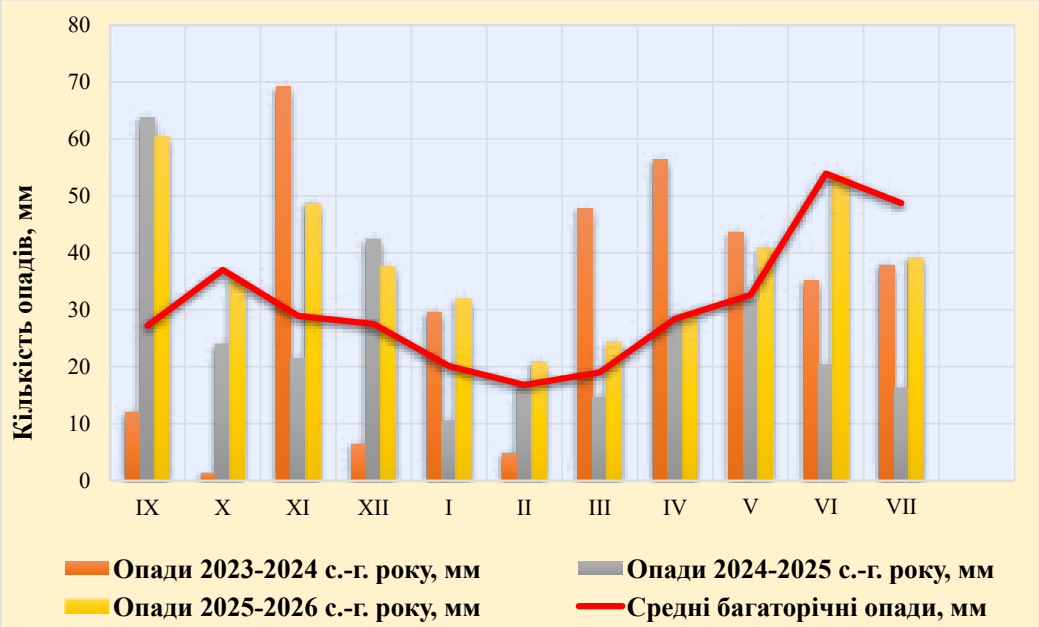
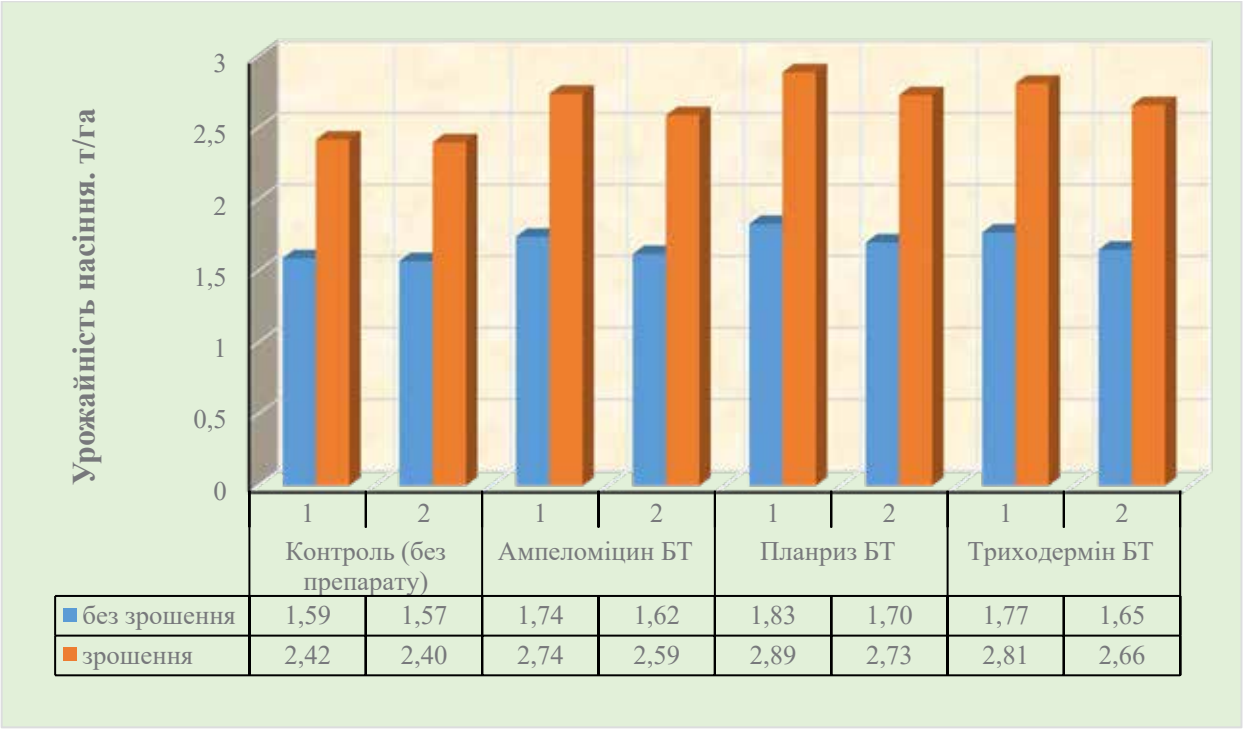


Рис. 2. Кількість опадів за період проведення досліджень на посівах ріпаку озимому (2023/2026 МР)

Згідно аналізу отриманих експериментальних встановлено істотну залежність насіннєвої продуктивності ріпаку озимого від умов вологозабезпечення, біопрепаратів та строків їх внесення. Зрошення виявилося провідним чинником інтенсифікації вирощування насіння культури – на всіх зрошуваних варіантах отримали прибавку врожаю на рівні 0,83–1,06 т/га в порівнянні з неполивними умовами. Зокрема, на ділянках Контролю (без внесення біопрепаратів) урожайність насіння в зрошуваних умовах зросла з 1,57–1,59 т/га до 2,40–2,42 т/га. Використання біофунгіцидів забезпечило сталий приріст продуктивності агрофітоценозу порівняно з контрольними варіантами як в зрошуваних так і в неполивних умовах. Максимальну агрономічну ефективність продемонстрував біопрепарат Планриз БТ, застосування якого сприяло отриманню найвищої насіннєвої продуктивності ріпаку озимого – 1,83 т/га



	1	2	1	2	1	2	1	2
	Контроль (без препарату)		Ампеломіцин БТ		Планриз БТ		Триходермін БТ	
без зрошення	1,59	1,57	1,74	1,62	1,83	1,70	1,77	1,65
зрошення	2,42	2,40	2,74	2,59	2,89	2,73	2,81	2,66

Рис. 3. Насіннєва продуктивність ріпаку озимого залежно від досліджуваних факторів, т/га (середнє за 2024-2026 рр.)

Таблиця 1

Вологозабезпеченість та загальне водоспоживання ріпаку озимого залежно від досліджуваних факторів (середнє за 2024-2026 рр.)

Фактор А, умови вологозабезпечення	Фактор В, біопрепарат	Фактор С, строк внесення	Опади, мм	Зрошувальна норма, м³/га	Вологість грунту, %		Сумарне водоспоживання, м³/га
					перед сівбою	перед збиранням	
без зрошення	Контроль (без внесення препарату)	утворення розетки + стеблування + бутонізація	290,9	0,0	80,3	55,6	3156
		стеблування + бутонізація	290,9	0,0	80,3	55,4	3158
	Ампеломіцин БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	290,9	0,0	80,3	54,1	3171
		стеблування + бутонізація	290,9	0,0	80,3	53,9	3173
	Планриз БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	290,9	0,0	80,3	54,3	3169
		стеблування + бутонізація	290,9	0,0	80,3	54,1	3171
	Триходермін БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	290,9	0,0	80,3	54,1	3171
		стеблування + бутонізація	290,9	0,0	80,3	53,9	3173
зрошення	Контроль (без внесення препарату)	утворення розетки + стеблування + бутонізація	290,9	600,0	93,4	61,7	3825
		стеблування + бутонізація	290,9	600,0	93,4	61,6	3827
	Ампеломіцин БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	290,9	600,0	93,4	60,1	3841
		стеблування + бутонізація	290,9	600,0	93,4	59,8	3844
	Планриз БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	290,9	600,0	93,4	61,6	3827
		стеблування + бутонізація	290,9	600,0	93,4	61,3	3830
	Триходермін БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	290,9	600,0	93,4	60,4	3839
		стеблування + бутонізація	290,9	600,0	93,4	60,1	3842

в неполивних умовах та 2,89 т/га – за зрошення. Дещо нижчі, проте достатньо високі та математично достовірні показники врожайності насіння отримали за використання Триходерміну БТ, коли значення показника варіювали в межах 1,77–2,81 т/га. Встановлено, що Ампеломіцин БТ посів третє місце за ефективністю застосування, спрявши отриманню максимального врожаю насіння за його внесення – 2,74 т/га в зрошуваних умовах. Вивчення впливу строків внесення дозволило встановити найкращий варіант для всіх біопрепаратів – триразове внесення у фазах утворення розетки, стеблування та бутонізація. Це сприяло отриманню додаткового приросту насіннєвої продуктивності культури в межах 0,12–0,13 т/га на варіантах без зрошення та 0,11–0,16 т/га – в поливних умовах та дозволяє стверджувати про необхідність своєчасного проведення технологічних операцій у конкретні фенологічні фази розвитку рослин ріпаку.

Аналіз економічних показників за період проведення досліджень впродовж 2024-2026 років показує, що умови вологозабезпечення, біопрепарати та строки їх внесення мають значний вплив на економічну ефективність вирощування насіння ріпаку озимого (табл. 2).

На основі даних таблиці проведено комплексний аналіз взаємодії факторів умов вологозабезпечення, використання біопрепаратів і строків їх внесення. Головним чинником підвищення виробництва є застосування зрошення (фактор А), використання якого позитивно вплинуло на економічну ефективність вирощування культури. За вирощування ріпаку озимого без зрошення середня врожайність становить 1,68 тонн з гектара. Однак на зрошуваних землях цей показник збільшується до 2,66 тонн з гектара, що забезпечує збільшення збору насіння на 58 %. Незважаючи на те, що полив підвищує загальні виробничі витрати з 25,6-27,1 тисяч гривень за гектар до 33,9-36,0 тисяч гривень за гектар, він повністю виправдовує себе, зокрема сприяє істотному зменшенню собівартості однієї тонни насіння. Умовно чистий прибуток на контрольних ділянках (без використання біопрепаратів) завдяки зрошенню практично подвоюється – із 12,08-12,46 тисяч гривень за гектар до 23,70-23,98 тисяч гривень за гектар, а рівень рентабельності підвищується з 47,2-48,5 % – до 69,9-70,3 %.

Застосування зрошення значно підвищило ефективність використання біопрепаратів, посиливши їх дію. Найбільший приріст насіннєвої продуктивності спостерігався при триразовому внесенні Планризу БТ у фазах утворення розетки, стеблування та бутонізації, коли зрошення забезпечило додаткові 1,06 т/га насіння та збільшення вартості валової продукції на 25,44 тисяч грн/га. За триразового внесення для Триходерміну БТ у фазах утворення розетки, стеблування та бутонізації собівартість продукції зменшилася з 15,31 до 12,81 тис. грн/т. Використання поливів дозволило подвоїти умовний чистий прибуток за всіма варіантами, де вносили біопрепарати. Ампеломіцин БТ на зрошенні приніс 27,06 тис. грн/га прибутку порівняно з 12,58-14,96 тис. грн/га без зрошення, а Планриз БТ збільшив прибуток з 16,92 до максимальних в досліді значень – 33,46 тис. грн/га. Також це сприяло суттєвому зростанню рівня рентабельності: без зрошення значення показника на ділянках застосування біозасобів дорівнювали 47,8-62,7 %, а під впливом зволоження збільшилися до 77,1-93,2 %. Найкращі значення спостерігали за триразового внесення Планризу БТ у фазах утворення розетки, стеблування та бутонізації, коли рентабельність збільшилася, в середньому, на 30,5 % та склала 93,2 %.

Загалом використання біопрепаратів Ампеломіцин БТ, Планриз БТ та Триходермін БТ (фактор В) сприяло

Таблиця 2

Показники економічної ефективності вирощування ріпаку озимого залежно від досліджуваних факторів, % (середнє за 2024-2026 рр.)

Фактор А, умови вологозабезпечення	Фактор В, біопрепарат	Фактор С, строк внесення	Урожайність насіння, т/га	Вартість валової продукції, тис. грн/га	Витрати, тис. грн/га	Собівартість продукції, тис. грн/т	Умовно чистий прибуток, тис. грн/га	Рентабельність, %
без зрошення	Контроль (без внесення препарату)	утворення розетки + стеблування + бутонізація	1,59	38,16	25,7	16,16	12,46	48,5
		стеблування + бутонізація	1,57	37,68	25,6	16,31	12,08	47,2
	Ампеломіцин БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	1,74	41,76	26,8	15,40	14,96	55,8
		стеблування + бутонізація	1,62	38,88	26,3	16,23	12,58	47,8
	Планриз БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	1,83	43,92	27,0	14,75	16,92	62,7
		стеблування + бутонізація	1,70	40,80	26,5	15,59	14,30	54,0
	Триходермін БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	1,77	42,48	27,1	15,31	15,38	56,8
		стеблування + бутонізація	1,65	39,60	26,6	16,12	13,00	48,9
зрошення	Контроль (без внесення препарату)	утворення розетки + стеблування + бутонізація	2,42	58,08	34,1	14,09	23,98	70,3
		стеблування + бутонізація	2,40	57,60	33,9	14,13	23,70	69,9
	Ампеломіцин БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	2,74	65,76	35,8	13,07	29,96	83,7
		стеблування + бутонізація	2,59	62,16	35,1	13,55	27,06	77,1
	Планриз БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	2,89	69,36	35,9	12,42	33,46	93,2
		стеблування + бутонізація	2,73	65,52	35,2	12,89	30,32	86,1
	Триходермін БТ	утворення розетки + стеблування + бутонізація	2,81	67,44	36,0	12,81	31,44	87,3
		стеблування + бутонізація	2,66	63,84	35,4	13,31	28,44	80,3

підвищенню ефективності вирощування ріпаку озимого та забезпечило суттєво кращі результати за показниками умовно чистого прибутку та рівня рентабельності в порівнянні з варіантами Контролю. Найкращу ефективність у дослідженні продемонстрував Планриз БТ, другим за результативністю став Триходермін БТ, а Ампеломіцин БТ показав менший, але вищий, у порівнянні з контрольними варіантами, економічний ефект.

Строки внесення (Фактор С) також чинили вплив на ефективність вирощування культури. Встановлено, що трикратне внесення біопрепаратів у фазах утворення розетки, стеблування та бутонізації забезпечує вищу врожайність та набагато нижчу собівартість тонни насіння, ніж двократне внесення у фазах стеблування та бутонізації. Додаткові витрати на ще одну обробку біопрепаратами повністю компенсуються значним збільшенням вартості валової продукції з 37,68 тис. грн/га до 69,36 тис. грн/га та рівнем рентабельності – з 47,2 до 93,2 %, або на 84,1 та 46,0 %, відповідно.

Висновки. Встановлено, що умови вологозабезпечення, біопрепарати та строки їх внесення істотно впливають на процеси росту, розвитку, водоспоживання, формування насіннєвої продуктивності та показники економічної ефективності вирощування культури. Для ріпаку озимого умовах в умовах півдня України найбільш доцільним є поєднання зрошення та триразового внесення біопрепарату Планриз БТ у фазах утворення розетки, стеблування, та бутонізації. Поєднання оптимальних елементів технології дозволяє отримати максимальну насіннєву продуктивність – 2,89 т/га та найкращі показники економічної ефективності вирощування, зокрема найбільшу вартість валової продукції – 69,36 тис. грн/га, найнижчу собівартість продукції – 12,42 тис. грн/т, найвищий умовно чистий прибуток – 33,46 тис. грн/га і максимальний рівень рентабельності – 93,2 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Regulation (EU) 2018/848 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on organic production and labeling of organic products and repealing Council Regulation (EC) No 834/2007. *Official Journa of the European Union.* L 150, 14.6.2018, P. 1–92. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2018/848/oj/eng (date of access: 28.08.2026).
2. 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://nasu-periodicals.org.ua/index.php/economyukr/article/download/2025-03-5/2025-03-5/31517 (дата звернення: 29.08.2026).
3. Дробіт О. С., Балабаш В. С. Фотосинтетичний потенціал та насіннєва продуктивність *Brassica napus L.* за використання біопрепаратів та зрошення. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки.* 2026. Вип. 150. С. 11–19. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.150.2
4. 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. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.1.11
5. Лавриненко Ю. О., Влащук А. М., Дробіт О. С., Влащук О. А. Насіннєва продуктивність сортів буркуну білого однорічного на півдні України. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Агрономія»: Електронний науковий фаховий журнал.* Київ, 2019. Вип. 2 (78). С. 139–151. http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2019.02.007
6. Basak B. B., Jat R. S., Gajbhiye N. A., Saha A., Manivel P. Organic nutrient management through manures, microbes and biodynamic preparation improves yield and quality of Kalmegh (Andrographis paniculata), and soil properties. *Journal of Plant Nutrition.* 2020. № 43 (4). P. 548–562. https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1685100
7. Meng Z., Liu C., Sheng Q., Xiong Z., Fang Y., Zhao J., Yu Q., Wang K., Li X., Ren T., Lu J. Effects of nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizer application on the yield increase of winter oilseed rape and the degree of yield reduction due to freezing stress. *Acta Agronomica Sinica.* 2025. Vol. 51. № 4. P. 1037–1049. DOI: 10.3724/SP.J.1006.2025.44152
8. Mc Vetty P. B. E, Duncan R.W. Canola/Rapeseed:Genetics and Breeding. *Encyclopedia of Food Grains (Second Edition).* 2016. Vol. 4. P. 311–316.
9. Ozer H. The effect of plant population densities on growth, yield and yield components of two spring rapeseed cultivars. *Plant, Soil and Environment.* 2003. № 49 (9). P. 422–426. http://dx.doi.org/10.17221/4151-PSE
10. Цицюра Я. Г., Шкатула Ю. М., Забарна Т. А., Пелех Л. В. Інноваційні підходи до фіторемедіації та фіторекультивації у сучасних системах землеробства: монографія. Вінниця: ТОВ «Друк», 2022. 1200 с.
11. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів: Українські технології, 2019. 806 с.
12. 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.
13. Балабаш В. С. Удосконалення технології вирощування ріпаку озимого в умовах Півдня України. *Вісник аграрної науки*. 2026. № 7. С. 77–82. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202607-08
14. Методика польового досліду (зрошуване землеробство) / Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А., Голобородько С. П., Коковіхін С. В. Херсон: Грінь Д.С., 2014. 448 с.
15. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. О. та ін. Загальне землеробство. Київ: Вища освіта, 2004. 336 с.
16. Дослідна справа в агрономії: навчальний посібник. Теоретичні аспекти дослідної справи / А. О. Рожков, В. К. Пузік, С. М. Каленська, та ін. Харків: Майдан, 2016. 316 с. ISBN 978-966-372-609-0

REFERENCES:

1. Regulation (EU) 2018/848 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on organic production and labeling of organic products and repealing Council Regulation (EC) No 834/2007. (2018). *Official Journal of the European Union.* L 150, 14.6.2018, 1–92. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2018/848/oj/eng
2. Prokopenko, K. O., & Udova, L. O. (2025). Rehuliuvannia 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. https://nasu-pe-riodicals.org.ua/index.php/economyukr/article/down-load/2025-03-5/2025-03-5/31517 [in Ukrainian].
3. Drobit, O. S., & Balabash, V. S. (2026). Fotosyntetychnyi potentsial ta nasinnieva produktyvnist *Brassica napus L.* za vykorystannia biopreparativ ta zroshennia [Photosynthetic potential and seed productivity of *Brassica napus L.* under the use of biological preparations and irrigation]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriia Silskohospodarski nauky,* 150, 11–19. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.150.2 [in Ukrainian].
4. Didur, I. M., Tkachuk, O. P., & Banul, S. O. (2025). Produktyvnist ta ekolohichna stiikist hibrydiv ripaku ozymoho [Productivity and environmental sustainability of winter rapeseed hybrids]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk.* 141 (1), 78–88. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.141.1.11 [in Ukrainian].
5. Lavrynenko, Yu. O., Vlashchuk, A. M., Drobit, O. S., & Vlashchuk, O. A. (2019). Nasinnieva produktyvnist sortiv burkunu biloho odnorichnoho na pivdni Ukrainy [Seed productivity of white sweet clover varieties in the south of Ukraine]. *Naukovi dopovidi Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriia "Ahronomiia": Elektronnyi naukovyi fakhovyi zhurnal,* 2 (78). http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2019.02.007 [in Ukrainian]
6. Basak, B. B., Jat, R. S., Gajbhiye, N. A., Saha, A., & Manivel, P. (2020). Organic nutrient management through manures, microbes and biodynamic preparation improves yield and quality of Kalmegh (Andrographis paniculata), and soil properties. *Journal of Plant Nutrition.* 43 (4), 548–562. https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1685100
7. Meng, Z., Liu C., Sheng, Q., Xiong, Z., Fang, Y., Zhao, J., Yu, Q., Wang, K., Li, X., Ren, T., & Lu, J. (2025). Effects of nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizer application on the yield increase of winter oilseed rape and the degree of yield reduction due to freezing stress. *Acta Agronomica Sinica.* 7 (4), 1037–1049. DOI: 10.3724/SP.J.1006.2025.44152
8. Mc Vetty, P. B. E, & Duncan, R.W. (2016). Canola/Rapeseed:Genetics and Breeding. *Encyclopedia of Food Grains (Second Edition).* 4, 311–316.
9. Ozer, H. (2003). The effect of plant population densities on growth, yield and yield components of two spring rapeseed cultivars. *Plant, Soil and Environment.* 49 (9), 422–426. http://dx.doi.org/10.17221/4151-PSE
10. Tsytsiura, Ya. H., Shkatula, Yu. M., Zabarna, T. A., & Pelekh, L. V. (2022). Innovatsiini pidkhody do fitoremediatsii ta fitorekultyvatsii u suchasnykh systemakh zemlerobstv: monohrafiia [Innovative approaches to phytoremediation and phytorecultivation in modern agricultural systems]. Vinnytsia: LLC "Druk", 1200 p. [in Ukrainian].
11. Petrychenko, V. F., & Lykhochvor, V. V. (2019). Roslynnytstvo. Novi tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur [Plant growing. New technologies of crops cultivation]. Lviv: Ukrainski tekhnolohii, 806 p. [in Ukrainian].
12. Voloshchuk, O. P., Sluchak, O. M., & Rasputenko, A. O. (2018). Produktyvnist ripaku ozymoho zalezhno 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. [in Ukrainian].
13. Balabash, V. S. (2026). Udoskonalennia tekhnolohii vyroshchuvannia ripaku ozymoho v umovakh Pivdnia Ukrainy [Improving winter rapeseed cultivation technology in Southern Ukraine]. *Visnyk ahrarnoi nauky* 7, 77–82. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202607-08 [in Ukrainian].
14. 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 p. [in Ukrainian].
15. Yeshchenko, V. O., Kopytko, P. H., & Opryshko, V. O. (2004). Zahalne zemlerobstvo [General agriculture]. Kyiv: Vyshcha osvita, 336 p. [in Ukrainian].
16. 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 p. [in Ukrainian].

Балабаш В.С., Дробіт О.С., Влащук А.М., Патик С.М. Ефективність застосування біопрепаратів на ріпаку озимому в умовах півдня України

Мета статті – визначити ефективність застосування біопрепаратів на ріпаку озимому в зрошуваних і неполивних умовах півдня України. **Методи та матеріали досліджень:** польовий; візуальний; розрахунково-порівняльний; математично-статистичний. **Результати.** Головним чинником підвищення виробництва насіння є застосування зрошення (фактор А) – на всіх зрошуваних варіантах отримали прибавку врожаю на рівні 0,83–1,06 т/га в порівнянні з неполивними. Максимальну агрономічну ефективність продемонстрував біопрепарат Планриз БТ, застосування якого сприяло отриманню найвищої насіннєвої продуктивності ріпаку озимого – 1,83 т/га в неполивних умовах та 2,89 т/га – за зрошення. Триразове внесення у фазах утворення розетки, стеблування та бутонізації сприяло отриманню додаткового приросту врожаю насіння в межах 0,12–0,13 т/га на варіантах без зрошення та 0,11–0,16 т/га – в поливних умовах. Найбільшу насіннєву продуктивність – 2,89 т/га отримали за обробки Планризом БТ у фазах утворення розетки, стеблування та бутонізації в зрошуваних умовах. Зрошення позитивно вплинуло на економічну ефективність вирощування культури – умовно чистий прибуток практично подвоюється – із 12,08–16,92 до 23,70–33,46 тисяч гривень за гектар, а рівень рентабельності підвищується з 47,2-62,7 до 69,9–93,2 %. Використання біопрепаратів Ампеломіцин БТ, Планриз БТ та Триходермін БТ (фактор В) сприяло підвищенню ефективності вирощування ріпаку озимого та забезпечило суттєво кращі результати за показниками умовно чистого прибутку та рівня рентабельності в порівнянні з варіантами Контролю. Трикратне внесення біопрепаратів у фазах утворення розетки, стеблування та бутонізації забезпечує вищу врожайність та набагато нижчу собівартість тонни насіння, ніж двократне внесення у фазах стеблування та бутонізації. Додаткові витрати на ще одну обробку біопрепаратами повністю компенсуються значним збільшенням вартості валової продукції з 37,68 тис. грн/га до 69,36 тис. грн/га та рівнем рентабельності – з 47,2 до 93,2 %, або на 84,1 та 46,0 %, відповідно.

Висновки. Встановлено, що умови вологозабезпечення, біопрепарати та строки їх внесення істотно впливають на процеси росту, розвитку, водоспоживання, формування насіннєвої продуктивності та показники економічної ефективності вирощування культури. Поєднання оптимальних елементів технології дозволяє отримати максимальну насіннєва продуктивність – 2,89 т/га та найкращі показники економічної ефективності вирощування, зокрема найвищий умовно чистий прибуток – 33,46 тис. грн/га та максимальний рівень рентабельності – 93,2 %.

Ключові слова: олійні культури, умови вологозабезпечення, біопрепарат, строк внесення, водоспоживання, урожайність, рентабельність.

Balabash V.S., Drobit O.S., Vlashchuk A.M., Patyk S.M. Effectiveness of using biological preparations on winter rapeseed in the conditions of Southern Ukraine

The purpose to determine the effectiveness of using biological preparations on winter rapeseed under irrigated and non-irrigated conditions in southern Ukraine. **Research methods and materials**. Field, visual, mathematical-statistical, and computational-comparative methods were used. **Results.** The primary factor driving increased seed production is the use of irrigation (Factor A); all irrigated variants showed a yield increase of 0.83–1.06 t/ha compared to non-irrigated ones. The biological product Planriz BT demonstrated the highest agronomic efficiency, resulting in the highest seed productivity for winter rapeseed: 1.83 t/ha under non-irrigated conditions and 2.89 t/ha with irrigation. Three applications – carried out during the rosette formation, stem elongation, and budding stages – contributed to an additional seed yield increase of 0.12–0.13 t/ha in non-irrigated variants and 0.11–0.16 t/ha under irrigated condition. The highest seed yield – 2.89 t/ha – was obtained with Planriz BT treatment applied during the rosette formation, stem elongation, and budding stages under irrigated conditions. Irrigation had a positive impact on the economic efficiency of crop cultivation: the notional net profit nearly doubled – rising from 12.08–16.92 to 23.70–33.46 thousand hryvnias per hectare – while the profitability rate increased from 47.2–62.7% to 69.9–93.2%. The use of the biological preparations Ampelomyces BT, Planriz BT, and Trichodermin BT (Factor B) enhanced the efficiency of winter rapeseed cultivation and yielded significantly better results in terms of notional net profit and profitability compared to the control variants. Applying biological products three times – during the rosette formation, stem elongation, and budding stages – results in higher yields and a significantly lower production cost per tonne of seed compared to two applications during the stem elongation and budding stages. The additional cost of the extra treatment is fully offset by a substantial increase in the gross output value (from 37.68 thousand UAH/ha to 69.36 thousand UAH/ha) and the profitability level (from 47.2% to 93.2%) – increases of 84.1% and 46.0%, respectively.

Key words: oil crops, moisture supply conditions, biological product, application timing, water consumption, yield, profitability.

Дата першого надходження статті до видання: 31.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 631.53.01:633.16:633.35
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.3

ВПЛИВ НОРМ ВИСІВУ НА СХОЖІСЬ ГОРОХУ ПОСІВНОГО ТА ЯЧМЕНЮ ЯРОГО У ЗМІШАНИХ ПОСІВАХ

БІГУН В.С. – аспірант
orcid.org/0009-0007-2443-3918
Вінницький національний аграрний університет

Постановка проблеми. У сучасних умовах розвитку аграрного виробництва України пріоритетним завданням є підвищення ефективності вирощування зернових культур, що прямо впливає на продовольчу безпеку країни, розвиток кормової бази та стійкість аграрного сектору. Серед основних культур значну роль відіграють ярий ячмінь і горох, які займають важливе місце у структурі посівних площ.

Питання підвищення їх продуктивності залишається актуальним і потребує впровадження ресурсозберігаючих та екологічно обґрунтованих технологій. Дослідження свідчать, що сумісне вирощування цих культур сприяє підвищенню стійкості агрофітоценозів, підвищенню родючості ґрунтів і скороченню антропогенного впливу на навколишнє середовище [1].

Змішані посіви передбачають одночасне вирощування декількох видів культур на одній площі. Незважаючи на їх широке застосування у традиційному землеробстві, в умовах інтенсивного сільського господарства переважають монокультури, тоді як змішані посіви здебільшого використовуються для кормовиробництва або як покривні культури. Частка зернобобових сумішок у таких системах залишається обмеженою, однак вони демонструють переваги щодо підвищення врожайності та її стабільності, а також адаптивності до змін клімату [2, 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Актуальні наукові дослідження зосереджені на визначенні факторів, що впливають на продуктивність агроценозів із участю ячменю ярого та гороху посівного. Встановлено, що ключовими чинниками є норми висіву, агрометеорологічні умови, агрохімічні показники ґрунту, а також застосування біологічних препаратів і мікродобрив [4].

Оптимальні умови росту культур забезпечуються за достатнього рівня тепло- та вологозабезпечення протягом вегетаційного періоду. При цьому норми висіву мають варіюватися залежно від біологічних особливостей сортів, технологічних параметрів вирощування та ґрунтово-кліматичних умов. Використання добрив і зрошення також істотно впливає на оптимальну густоту стояння рослин [5, 6].

Екологізацію землеробства визначають як один із пріоритетних напрямів підвищення продуктивності та стабільності агроекосистем. У цьому контексті змішані посіви виступають ефективним інструментом поєднання економічної доцільності та екологічної безпеки. За даними досліджень, продуктивність таких систем значною мірою визначається балансом конкурентних взаємодій між компонентами суміші [7].

Окремі дослідження підтверджують підвищення стабільності врожайності у змішаних посівах гороху з ячменем, хоча існують і суперечливі результати щодо цієї переваги [8]. Значну увагу приділено впливу біопрепаратів на продуктивність культур: встановлено, що їх застосування сприяє збільшенню кількості бобів, маси насіння та загальної біомаси рослин, хоча ефективність значною мірою залежить від погодних умов [9–10].

Змішані агрофітоценози характеризуються більш раціональним використанням ресурсів, сприяють підтриманню родючості ґрунту, підвищенню рівня біорізноманіття та зменшенню ймовірності ураження шкідниками й хворобами. Горох як бобова культура має важливе значення у фіксації атмосферного азоту, поліпшує структуру ґрунту та формує сприятливі умови для вирощування наступних культур, зокрема ячменю.

Крім того, впровадження сівозмін із використанням цих культур дозволяє зменшити поширення патогенів і бур'янів, що є важливим фактором екологічної стабільності агросистем.

Отже, актуальним є подальше дослідження змішаних посівів зернових і зернобобових культур у різних ґрунтово-кліматичних умовах з метою оптимізації технологічних параметрів вирощування та підвищення якості й стабільності врожаю.

Мета статті – встановити біологічні особливості ярого ячменю та гороху посівного у змішаних посівах за різних норм висіву.

Матеріали та методика досліджень. Польовий дослід було закладено в березні 2026 року на експериментальних ділянках Вінницького національного аграрного університету. Агротехнічні операції виконували відповідно до технологічних вимог, прийнятих для умов Правобережного Лісостепу України. Попередником слугувала яра пшениця, вирощена на зерно.

У дослідженні використовували ярий ячмінь сорту *Амадей* (маса 1000 насінин – 56,3 г, лабораторна схожість – 96 %) та горох посівний сорту *Оркестра* (маса 1000 насінин – понад 200 г).

Мінеральні добрива було внесено перед закладенням досліду, передпосівного обробітку ґрунту, використовуючи нітроамофоску – по 15 кг діючої речовини кожного елемента. У досліді передбачалося три режими мінерального живлення: N30P30K30 та підвищені фонові дози N45–60P45–60K45–60. У змішаних посівах компоненти висівали у кількості 40–60 % від повної норми, прийнятої для їхніх чистих посівів.

© Бігун В.С., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Для дослідження продуктивності агрофітоценозів за участю ярого ячменю та гороху посівного застосовували комплекс методів, що поєднував польові спостереження, лабораторні аналізи, лабораторно-польові визначення та статистичну обробку результатів.

Результати досліджень. Актуальні напрями сучасних аграрних досліджень наголошують на необхідності вдосконалення технологій вирощування гороху посівного та ярого ячменю в Україні, що зумовлено потребою підвищення їх продуктивності та адаптивності до умов вирощування.

Одним із перспективніших напрямів розробки є впровадження змішаних посівах гороху посівного та ячменю ярого, а також визначення особливостей впливу норм висіву цих культур на їх продуктивність в кліматичних умовах Лісостепу Правобережного.

Серед екологічних переваг спільного вирощування гороху та ячменю варто відзначити здатність гороху зв'язувати атмосферний азот, що дає змогу зменшити використання мінеральних азотних добрив і, відповідно, знизити антропогенний вплив на довкілля. Ячмінь, своєю чергою, здатний ефективно засвоювати наявні в ґрунті елементи живлення, зокрема азот і фосфор, що допомагає зменшити їх вимивання та запобігає забрудненню ґрунтових і поверхневих вод. Одночасне вирощування цих культур сприяє покращенню ґрунтової структури та розширенню біорізноманіття у сівозміні, забезпечуючи вищу екологічну стійкість агроекосистеми.

Важливим критерієм для встановлення оптимальних норм висіву є досягнення максимальної врожайності гороху посівного та ячменю ярого при найменших витратах насіння й енергоресурсів. З цією метою у ході дослідження було здійснено визначення схожості обох культур за різних варіантів їх співвідношення у змішаних посівах (табл. 1).

Встановлено, що на схожість ячменю впливає норма висіву. Так, найбільш високий рівень схожості було встановлено при посіві чистої культури ячменю. Це свідчить про те, що при таких умовах висіву рослина не має значної конкуренції за ресурси.

Встановлено, що найкращий рівень схожості гороху посівного (92,59%) було встановлено при змішаному посіві культур гороху посівного та ячменю ярого при співвідношенні (40:60).

Встановлено, що норма висіву впливає на схожість гороху посівного та ячменю ярого у змішаних посівах. Так, найбільш високий рівень схожості цих культур (87,96%) було встановлено при змішаному посіві культур при співвідношенні (40:60). Крім того, при таких умовах висіву визначаються найбільша густота сходів гороху.

Відомо, що густота стояння рослин є одним із ключових чинників, які визначають оптимальні норми висіву та якість зерна ярого ячменю. За раціональної густоти посіву рослини отримують достатній обсяг світла, вологи та поживних речовин, що забезпечує формування вирівняного та високоякісного зерна. Натомість надмірно висока норма висіву призводить до посиленої внутрішньовидової конкуренції, створює стресові умови для рослин і може спричиняти погіршення показників якості зерна – зменшення його маси, щільності та вмісту білка.

Встановлено, що схожість ячменю ярого була значно вищою у чистих посівах, ніж у змішаних посівах, що підтверджено отриманими результатами (табл. 1). Таким чином, підвищення густоти рослин ячменю в змішаному та чистому посіві підвищує його здатність до кущіння. З іншого боку, для гороху посівного рівень схожості також підвищується відповідно до збільшення норми висіву, що підтверджено значно вищими значеннями.

Загалом отримані результати свідчать про те, що змішані посіви зерна гороху посівного та ячменю ярого у співвідношенні (50:50), (60:40) не є ефективною комбінацією між двома видами з перспективою відповідної продуктивності та відносної конкурентоспроможності ячменю та гороху в змішаних посівах. Польові випробування показали, що рівень схожості пояснює низьку конкурентоспроможність ячменю в змішаних посівах. З іншого боку, горох характеризувався значно вищою продуктивністю, ніж очікувалося, виходячи з густоти посіву.

Оптимальне співвідношення гороху посівного та ячменю ярого в змішаних посівах було за сівби 40% ячменю та 60% гороху. Що в перспективі дозволяє збільшити рівень врожайності завдяки симбіозу культур, ефективніше використати ресурси ґрунту та зменшити ризик захворювань завдяки різноманіттю рослин.

У змішаних посівах культури можуть займати різні ніші в ґрунті (глибина кореневої системи, споживання різних елементів живлення), що зменшує конкуренцію між рослинами і дозволяє їм краще розвиватися. Крім того, такий тип вирощування, коли ячмінь та горох вирощуються разом, сприяє позитивній взаємодії. Горох, будучи бобовою культурою, фіксує азот у ґрунті, що покращує його родючість та забезпечує ячмінь додатковими поживними

Таблиця 1

Показники схожості гороху посівного та ячменю ярого залежно від норм висіву в змішаних посівах

Норма висіву компонентів в сумішах, млн/га, %	Співвідношення компонентів в змішаних посівах, %	Кількість насінин на м.п., шт	Густота сходів ячменю та гороху, млн/га	Схожість насіння ячменю та гороху, %	Середнє, %
Ячмінь ярий, 4,5	100	76	3,8	84,44	84,44
Ячмінь 2,25 + горох, 0,6	50:50	55 + 16	1,83 + 0,53	81,48 + 88,88	85,18
Ячмінь 1,8 + горох, 0,72	40:60	45 + 20	1,5 + 0,66	83,33 + 92,59	87,96
Ячмінь 2,7 + горох, 0,48	60:40	66 + 12	2,2 + 0,4	81,48 + 83,33	82,40

Джерело: сформовано автором на основі власних досліджень

речовинами. Це призводить до підвищення загальної врожайності та культури землеробства.

Змішані посіви, як правило, більш стійкі до несприятливих погодних умов (посуха, дощі) та шкідників, оскільки різні культури гороху посівного та ячменю ярого можуть компенсувати втрати одне одного. Це може призвести до більш стабільної врожайності, симбіозу культур, зменшенню конкуренції, підвищенню стійкості до стресів та покращенню структури ґрунту.

Виходячи з цих результатів, основною метою вирощування ячменю та гороху як змішаної культури може бути підвищення врожайності бобових, використовуючи переваги спільного посіву, такі як зменшення вилягання гороху під час збирання врожаю та кращий контроль бур'янів, ніж у чистому посіві гороху, у поєднанні з хорошою продуктивністю гороху посівного та ячменю ярого.

Отже, в ході проведення попереднього дослідження було підтверджено, що вирощування гороху в змішаних посівах з ячменем є ефективною стратегією для більш стійких сільськогосподарських систем завдяки кращому контролю бур'янів і зниженій потребі в азотних добривах порівняно з чистими системами вирощування. Загальновідомо, що вирощувати чисті бобові культури без застосування гербіцидів досить складно. Це може бути однією з головних причин того, чому бобові демонструють прогресуюче зниження їх дифузії порівняно зі злаками. Результати роботи показали найкращою нормою висіву насіння для сортів гороху посівного та ячменю ярого є (40:60), що забезпечує високий рівень схожості цих рослин.

Висновки. В роботі було проведено вивчення впливу різних факторів на ріст, розвиток та формування насіннєвої продуктивності таких культур, як ячменю ярого та гороху посівного.

У результаті проведених досліджень визначено, що норми висіву є визначальним чинником формування схожості ячменю ярого та гороху посівного у змішаних посівах в умовах Правобережного Лісостепу. Доведено, що співвідношення компонентів у бінарному посіві значним чином впливає на польову схожість, густоту стояння рослин та рівень їх конкурентної взаємодії на початкових етапах органогенезу. Найвищі середні показники схожості обох культур (87,96%) зафіксовано за співвідношення 40% ячменю ярого та 60% гороху посівного, що свідчить про оптимізацію міжвидової конкуренції та більш ефективне використання екологічних ресурсів агроценозу. Водночас встановлено, що в чистих посівах ячмінь ярий формує вищу індивідуальну схожість (84,44%), що зумовлено відсутністю конкуренції з боку бобового компонента. Для гороху посівного відзначено позитивну динаміку підвищення схожості зі зростанням його частки у структурі посіву, що підтверджує доцільність збільшення питомої ваги бобового компонента у бінарних агрофітоценозах. Комбінації 50:50 та 60:40 виявилися менш ефективними з точки зору інтегрального показника схожості та потенційної продуктивності, що пов'язано з посиленням конкуренції за світло, вологу та елементи живлення.

Отримані результати свідчать, що оптимізація норм висіву у змішаних посівах забезпечує не лише підвищення польової схожості, а й створює передумови для зростання врожайності, покращення фітосанітарного стану посівів, ефективнішого контролю бур'янів та зменшення потреби в азотних добривах завдяки симбіотичній азотфіксації гороху. Перспективою подальших досліджень є комплексна оцінка структури врожаю, показників якості зерна, кормової цінності сумішок та економічної ефективності різних співвідношень компонентів з урахуванням мінливості кліматичних умов.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Brooker R. W., Bennett A. E., Cong W. F. та ін. Improving intercropping: A synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. *New Phytologist*. 2015. Vol. 206, No. 1. P. 107–117. DOI: https://doi.org/10.1111/nph.13132
2. Jensen E. S., Carlsson G., Hauggaard-Nielsen H. Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources. *European Journal of Agronomy*. 2020. Vol. 118. Article 126077. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126077
3. Raseduzzaman M., Jensen E. S. Does intercropping enhance yield stability in arable crop production? A meta-analysis. *European Journal of Agronomy*. 2017. Vol. 91. P. 25–33. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.09.009
4. Dordas C. Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. *Agronomy for Sustainable Development*. 2012. Vol. 32. P. 33–46. DOI: https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8_28
5. Guo Z., Yu Z., Wang D., Shi Y., Zhang Y. Photosynthesis and winter wheat yield responses to supplemental irrigation based on measurement of water content in various soilayers. *Field Crops Research*. 2014. Vol. 166. P. 102–111. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.06.004
6. Abdulkadir, K. N. Cropping Systems Diversification as an Approach to Enhancing Crop Productivity. Preprints. 2023. DOI: https://doi.org/10.20944/preprints202312.2115.v1
7. Wendling M., Büchi L., Amossé C., Jeangros B., Walter A., Charles R. Specific interactions leading to transgressive overyielding in cover crop mixtures. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2017. Vol. 241. P. 88–99. DOI: https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.03.003
8. Weih M., Karley A. J., Newton A. C., Kiær L. P. Productivity and stability in intercropping systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2021. Vol. 319. Article 107556. DOI: https://doi.org/10.3390/agriculture11030255
9. Yeremko, L. S., Hanhur, V. V., Kyrychok O. O., & Sokyrko, D. P. Mineral nutrition as a factor of increasing photosynthetic productivity and yield ofield pea. *Scientific Progress & Innovations*. 2019. P. 50–56. DOI: https://doi.org/10.31210/visnyk2019.03.06
10. Шкатула Ю.М., Вуйко О.М. Вплив біопрепаратів та мікродобрив на структурні елементи врожаю гороху посівного в умовах лісостепу правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 4 (35). С. 29–37. DOI: https://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-4-3.

REFERENCES:

1. Brooker, R. W., Bennett, A. E., Cong, W. F., et al. (2015). Improving intercropping: A synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. *New Phytologist, 206*(1), 107–117. DOI: 10.1111/nph.13132.
2. Jensen, E. S., Carlsson, G., & Hauggaard-Nielsen, H. (2020). Intercropping of grain legumes and cereals improves the use of soil N resources. *European Journal of Agronomy, 118*, 126077. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126077.

3. Raseduzzaman, M., & Jensen, E. S. (2017). Does intercropping enhance yield stability in arable crop production? A meta-analysis. *European Journal of Agronomy, 91*, 25–33. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.09.009.
4. Dordas, C. (2012). Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. *Agronomy for Sustainable Development, 32*, 33–46. DOI: 10.1007/978-90-481-2666-8_28.
5. Guo, Z., Yu, Z., Wang, D., Shi, Y., & Zhang, Y. (2014). Photosynthesis and winter wheat yield responses to supplemental irrigation based on measurement of water content in various soilayers. *Field Crops Research, 166*, 102–111. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.06.004.
6. Abdulkadir, K. N. (2023). Cropping systems diversification as an approach to enhancing crop productivity. *Preprints*. DOI: 10.20944/preprints202312.2115.v1.
7. Wendling, M., Büchi, L., Amossé, C., Jeangros, B., Walter, A., & Charles, R. (2017). Specific interactions leading to transgressive overyielding in cover crop mixtures. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 241*, 88–99. DOI: https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.03.003.
8. Weih, M., Karley, A. J., Newton, A. C., & Kiær, L. P. (2021). Productivity and stability in intercropping systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 319*, 107556. DOI: https://doi.org/10.3390/agriculture11030255.
9. Yeremko, L., Hanhur, V., Kyrychok, O., & Sokyrko, D. (2019). Mineral nutrition as a factor of increasing photosynthetic productivity and yield field pea. *Scientific Progress & Innovations*, 50–56. DOI: 10.31210/visnyk2019.03.06.
10. Shkatula, Y. M., & Vuyko, O. M. (2024). Vplyv biopreparativ ta mikrodobryv na strukturni elementy vrozhaiu horokhu posivnoho v umovakh lisostepu pravoberezhnoho [Influence of biological products and microfertilizers on the structural elements of the yield ofield pea in the Right-Bank Forest-Steppe]. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo,* 4(35), 29–37. [in Ukrainian]. DOI: 10.37128/2707-5826-2024-4-3

Бігун В.С. Вплив норм висіву на схожість гороху посівного та ячменю ярого у змішаних посівах

Мета. Встановити залежність схожості гороху посівного та ячменю ярого від норм висіву за їх спільного вирощування.

Методи. У дослідженні застосовано комплекс польових, лабораторних, лабораторно-польових та статистичних методів. Оцінювали схожість гороху посівного та ячменю ярого за різних норм висіву і співвідношень компонентів у змішаних посівах.

Результати. Досліджено вплив норм висіву на схожість гороху посівного та ячменю ярого у змішаних посівах. Проаналізовано вплив співвідношення компонентів на початковий ріст і розвиток рослин. Встановлено, що за змішаного посіву ячменю ярого та гороху посівного у співвідношенні 40:60 % формуються найвищі середні показники схожості культур – 87,96 %. За цього варіанта схожість гороху посівного становила 92,59 %, тоді як схожість ячменю ярого була нижчою, ніж у чистому посіві, де цей показник досягав 84,44 %. Виявлено позитивну динаміку підвищення схожості гороху зі збільшенням його норми висіву. Водночас для ячменю ярого вищі показники схожості формувалися за відсутності конкуренції з боку гороху. Комбінації 50:50 та 60:40 характеризувалися нижчими середніми показниками схожості. Отримані результати свідчать про важливість оптимізації норм висіву та співвідношення культур у змішаних посівах. Змішані посіви створюють передумови для кращого контролю бур'янів та ефективнішого використання ресурсів агроценозу.

Висновки. Встановлено важливе значення підбору оптимальних норм висіву та співвідношення компонентів під час вирощування гороху посівного і ячменю ярого у змішаних посівах. Найвищий середній показник схожості культур отримано за співвідношення 40 % ячменю ярого та 60 % гороху посівного. Оптимізація норм висіву сприяє формуванню кращих показників схожості та створює передумови для підвищення врожайності й кормової продуктивності рослинної сировини.

Ключові слова: змішані посіви, густота сходів, агрофітоценоз, співвідношення компонентів, насіннєва продуктивність, врожайність.

Bigun V.S. The effect of seeding rates on the germination of field pea and spring barley in mixed crops

Purpose. To establish the dependence of the germination of field peas and spring barley on seeding rates when grown together.

Methods. The study employed a comprehensive set of field, laboratory, laboratory-field, and statistical methods. The germination of field peas and spring barley was evaluated under different seeding rates and component ratios in mixed stands.

Results. The effect of seeding rates on the germination of field peas and spring barley in mixed stands was investigated. The influence of component ratios on the initial growth and development of the plants was analyzed. It was established that mixed sowing of spring barley and field peas at a ratio of 40:60% resulted in the highest average germination rate of the crops – 87.96%. Under this treatment, the germination rate of field peas was 92.59%, whereas the germination rate of spring barley was lower than in the pure stand, where this indicator reached 84.44%. A positive trend in pea germination with increasing seeding rate was identified. At the same time, higher germination rates of spring barley were observed in the absence of competition from field peas. The 50:50 and 60:40 combinations were characterized by lower average germination rates. The obtained results demonstrate the importance of optimizing seeding rates and crop ratios in mixed stands. Mixed stands create conditions for improved weed control and more efficient use of agroecosystem resources.

Conclusions. The study established the importance of selecting optimal seeding rates and component ratios when growing field peas and spring barley in mixed stands. The highest average germination rate of the crops was obtained at a ratio of 40% spring barley and 60% field peas. Optimization of seeding rates contributes to improved germination indicators and creates conditions for increasing yield and the fodder productivity of plant raw materials.

Key words: mixed crops, seedling density, agrophytocenosis, component ratio, seed productivity, yield.

Дата першого надходження статті до видання: 27.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 633.51:631.5
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.4

ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ БАВОВНИКУ В УМОВАХ ПЛІВКОВОГО ПОКРИТТЯ

БОРОВИК В.О. – доктор сільськогосподарських наук, с.н.с.
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
ОЛІЙНИК О.І. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0009-0002-4638-2414
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Бавовник (*Gossypium hirsutum* L.) належить до стратегічно важливих теплолюбних технічних культур, що є джерелом високоякісного волокна та цінної олійної сировини [1]. Культура характеризується підвищеною солестійкістю та значним економічним потенціалом, що зумовлює її вагоме місце у світовому агровиробництві [2]. Водночас одним із ключових лімітуючих чинників її вирощування є вплив низьких температур, які виступають потужним абіотичним стресором. За умов холодового стресу відбувається дисбаланс активних форм кисню, порушується функціонування фотосинтетичного апарату, інгібуються фізіолого-біохімічні процеси, що призводить до уповільнення росту й розвитку рослин та, як наслідок, зниження врожайності й погіршення якості продукції [3].

Особливої актуальності зазначена проблема набуває в умовах Степу України, який розташований у зоні північної межі вирощування бавовнику. Тут температурний фактор, зокрема на початкових етапах органогенезу, суттєво обмежує реалізацію потенційної продуктивності культури, що обґрунтовує необхідність удосконалення елементів технології вирощування з метою мінімізації негативного впливу низьких температур.

Аналіз останніх досліджень і публікацій Впровадження технології мульчування, зокрема вирощування культур під полімерними плівковими укриттями, є ефективним агротехнічним заходом для нівелювання негативного впливу абіотичних стресових чинників. Застосування плівкових матеріалів забезпечує підвищення температурного режиму ґрунту, збереження вологи, оптимізацію водного балансу, сприяє прискоренню ростових процесів, формуванню більш раннього врожаю та підвищенню ефективності використання водних ресурсів [4, 5].

Мульчуючі плівки набули широкого поширення в сучасних агротехнологіях при вирощуванні як однорічних, так і багаторічних культур, зокрема бавовнику, кукурудзи, овочевих і плодових рослин [6]. Їх використання забезпечує комплексний вплив на агроценоз: регулює температурно-вологісний режим ґрунту, пригнічує розвиток бур'янів, підвищує коефіцієнт використання елементів мінерального живлення, що в сукупності сприяє зростанню продуктивності та покращенню якості врожаю, підвищенню ресурсної ефективності й екологічної стабільності агросистем [7–9].

За даними Ma Z. та співавт., світовий ринок мульчуючих плівок демонструє стійку тенденцію до зростання: у 2021 році його обсяг оцінювався приблизно у 5 млрд дол. США, а до кінця 2026 року прогнозується збільшення до 6,7 млрд дол. США. На сьогодні в агровиробництві переважно використовуються поліетиленові мульчуючі плівки [10], що зумовлює подальшу актуальність досліджень, спрямованих на підвищення ефективності їх застосування та мінімізацію екологічних ризиків.

Технологія крапельного зрошення у поєднанні з мульчуванням є ефективним інструментом оптимізації водного режиму ґрунту, що дозволяє зменшити дефіцит вологи шляхом підвищення температури та стабілізації вологості кореневмісного шару. Водночас така система забезпечує підвищення ефективності використання води та мінеральних добрив, що сприяє зростанню врожайності та економічної віддачі агровиробництва. Завдяки доведеній ефективності, ця технологія набула широкого впровадження у Сіньцзян (Китай) [11, 12].

У результаті системного вдосконалення елементів технології вирощування бавовнику, зазначений регіон трансформувався у провідний центр виробництва високоякісної бавовни в Китаї та водночас став найбільшим споживачем полімерних мульчуючих матеріалів [11, 13].

Застосування плівково-мульчованого крапельного зрошення забезпечує суттєве підвищення продуктивності агроценозів і рівня рентабельності виробництва, а також розглядається як важливий чинник забезпечення сталого розвитку сільського господарства [14–17]. Крім того, встановлено, що дана технологія сприяє економії водних ресурсів та активізації процесів десалінізації ґрунтів (вимивання солей) у посівах бавовнику, зокрема в умовах північно-західних регіонів Китаю [18–20].

Слід зазначити, що низькоякісні бавовняні волокна, які часто розглядаються як маловартісна сировина та

© Боровик В.О., Олійник О.І., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

залишаються поза основними напрямами переробки, фактично формують маргіналізований потік відходів у бавовняній промисловості. Водночас вони мають значний потенціал для трансформації у високоцінні матеріали, зокрема мульчуючі гелеві плівки для сільськогосподарського використання в межах концепції замкнутого вуглецевого циклу. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває проблема переробки таких матеріалів у продукцію з доданою вартістю, що відповідає сучасним викликам сталого розвитку та ресурсоефективності [21, 22].

На сьогодні описано низку напрямів утилізації низькоякісних бавовняних волокон, зокрема їх використання як адсорбентів барвників [23, 24], сировини для виготовлення композитного паперу [25], компонентів енергетичних пристроїв [26] та антибактеріальних матеріалів [27]. Проте, незважаючи на наявні розробки, ці волокна й досі залишаються недостатньо залученими до промислового використання через обмежену економічну привабливість існуючих технологій.

Целюлоза – найпоширеніший біорозкладний природний полімер на планеті [28], розглядається як перспективна основа для створення екологічно безпечних мульчуючих плівок. Високий вміст целюлози в низькоякісних бавовняних волокнах (87,2–99,6 мас.%) [29] зумовлює значний потенціал їх використання для виробництва таких матеріалів. Згідно з попередніми дослідженнями, целюлозні плівки можуть бути отримані методами регенерації розчинника та гарячого пресування [30]. Водночас вони характеризуються високою швидкістю біодеградації в ґрунті [31]: період розкладання становить 31–61 день у тропічних та 81–495 днів у помірних лісових екосистемах [32], що сприяє формуванню замкнутого вуглецевого циклу.

Таким чином, розроблення целюлозних мульчуючих плівок на основі низькоякісних бавовняних волокон є науково обґрунтованим і перспективним напрямом [33].

З метою забезпечення високого рівня врожайності сільськогосподарських культур за умов обмежених водних ресурсів і без додаткового підвищення родючості ґрунту, в Узбекистан широко застосовується технологія вирощування бавовнику під плівковим укриттям. Результати досліджень щодо використання пластикового мульчування як водозберігаючого агротехнічного заходу свідчать, що мульчування ґрунту чорною поліетиленовою плівкою істотно змінює його водоутримувальні властивості порівняно з відкритим (немульчованим) ґрунтом.

Встановлено, що за умов мульчування споживання води зменшується майже вдвічі, що супроводжується формуванням вищої врожайності. Крім того, застосування плівкового покриття сприяє інтенсифікації ростових процесів, забезпечуючи більш швидкий ріст і розвиток рослин бавовнику. Показник продуктивності використання води при цьому також зростає приблизно вдвічі, порівняно з варіантами без мульчування.

Отримані результати підтверджують доцільність широкого впровадження технології плівкового мульчування в умовах водного дефіциту. У зв'язку з цим в Узбекистані даний агротехнічний прийом рекомендований для практичного застосування з метою підвищення врожайності бавовнику навіть за обмеженого водозабезпечення [34].

Китайські агровиробники також відзначають високу ефективність оптимізації водокористування за умов застосування плівково-мульчованого крапельного зрошення [35]. Плівкове мульчування, яке забезпечує позитивний вплив на підвищення врожайності та збереження ґрунтової вологи, набуло широкого поширення в Південний Сіньцзян та інших регіонах із подібними ґрунтово-кліматичними умовами. Встановлено, що цей агротехнічний прийом належить до найбільш ефективних заходів інтенсифікації виробництва сільськогосподарських культур [36].

Плівкове мульчування широко застосовується як водозберігаюча технологія та засіб прискорення достигання при вирощуванні кукурудзи, пшениці та бавовнику, особливо в умовах недостатнього природного зволоження [37]. Китай є світовим лідером за обсягами використання пластикових мульчуючих плівок, а їх широке впровадження у технології вирощування бавовнику сприяло суттєвому зростанню врожайності культури [37, 38]. Цей підхід розглядається як ефективний і практично доцільний, що зумовлює його значну популярність серед фермерів [39, 40].

Крім того, застосування плівкових матеріалів позитивно впливає на польову схожість насіння, інтенсивність росту рослин і формування врожаю. Це досягається, зокрема, за рахунок підвищення рівня зволоження ґрунту порівняно з альтернативними технологіями за однакових обсягів опадів і зрошення, зменшення засміченості посівів бур'янами та зниження непродуктивних втрат води з ґрунту [41].

Водночас, за даними Yang Z. та співавт. [42], вирощування бавовнику із застосуванням плівкового укриття може зумовлювати тенденцію до прискореного дозрівання рослин, що, своєю чергою, сприяє підвищенню частки доморозного врожаю та покращенню якості бавовни-сирцю.

У зв'язку з цим, актуальним є дослідження впливу плівкового мульчування на тривалість вегетаційного періоду, темпи достигання та рівень урожайності бавовнику з метою обґрунтування ефективного впровадження цієї технології у виробничу практику. Особливої ваги набуває адаптація отриманих результатів до ґрунтово-кліматичних умов Степу України, що потребує їх системного аналізу та узагальнення.

Результати польових експериментів, проведених в Гріффіт (Новий Південний Уельс, Австралія), які характеризуються відносно прохолоднішими кліматичними умовами, також підтверджують ефективність використання плівкового укриття при вирощуванні бавовнику. Встановлено, що застосування плівки сприяє підвищенню температури ґрунту на 2–4 °C та покращує збереження вологи в зоні насіннєвого ложа [43].

Це забезпечує істотне покращення польової схожості та виживання сходів (на 50–80%), підвищення температури ґрунту на глибині загортання насіння та збільшення вмісту доступної вологи, що, у свою чергу, сприяє формуванню більш ранніх і вирівняних сходів бавовнику порівняно з немульчованими варіантами [44].

Зміни клімату, що проявляються у підвищенні середньорічних температур, зростанні концентрації CO_2

в атмосфері та нестабільності режиму опадів, є одним із ключових глобальних викликів для розвитку сільського господарства [45]. За оцінками дослідників, темпи зростання світового аграрного виробництва мають тенденцію до зниження: очікується їх скорочення до 1,5% на рік до 2030 року та до 0,9% – до 2050 року, порівняно з історичним рівнем 2,3% на рік у період з 1961 року [46].

На думку Anwa R. M. та співавт., основний вплив кліматичних змін на врожайність сільськогосподарських культур пов'язаний передусім із підвищенням температурного фону, що зумовлює необхідність поглиблення наукових досліджень щодо реакції агроекосистем на кліматичні чинники з метою удосконалення систем управління посівами та розроблення адаптаційних заходів [47].

Водночас результати досліджень Irmak S. та співавт. свідчать, що характер і ступінь впливу кліматичних змін на продуктивність сільськогосподарських культур є складними, багатофакторними та неоднозначними, оскільки можуть зумовлювати як позитивні, так і негативні наслідки залежно від конкретних ґрунтово-кліматичних умов і технологій вирощування [48, 49].

Вплив кліматичних факторів характеризується високою диференційованістю залежно від культури та конкретних агроекологічних умов її вирощування, тому його не можна екстраполювати на різні регіони чи агросистеми без урахування локальних особливостей. У зв'язку з цим виникає потреба у проведенні спеціалізованих оцінок кліматичного впливу для окремих культур із врахуванням ґрунтово-кліматичних характеристик конкретних територій [50].

Висновки. З урахуванням посилення дефіциту водних ресурсів та зростання невизначеності, зумовленої кліматичними змінами [51, 52], особливої актуальності набуває впровадження технології вирощування бавовнику з використанням плівкового мульчування у поєднанні з крапельним зрошенням в умовах Степу України – у зоні північної межі вирощування бавовнику. Застосування такого технологічного підходу спрямоване на прискорення достигання рослин, підвищення ефективності використання водних ресурсів та збільшення продуктивності культури.

З урахуванням наведених вище положень, актуальним є комплексне дослідження ефективності застосування плівкового мульчування та елементів крапельного зрошення у технології вирощування бавовнику в умовах змін клімату та обмежених водних ресурсів, зокрема в умовах Степу України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Li N.N., Li J.H., Shi X.J., et al. Increasing cotton lint yield and water use efficiency for subsurface drip irrigation without mulching. *Front Plant Sci*. 2024. 25;15:1433719. doi: 10.3389/fpls.2024.1433719.
2. Li W., Wang Z., Zhang J., Zong R. Soil salinity variations and cotton growth under long-term mulched drip irrigation in saline-alkali land of arid oasis. *Irrig. Sci*. 2021. 40, 103–113. DOI:10.1007/s00271-021-00749-9.
3. Wu Y., Zhao W., Meng Y., et al. Relationships between temperature-light meteorological factors and seedcotton biomass per boll at different boll positions. *J. Integr. Agric*. 2018. 17, 1315–1326. doi: 10.1016/S2095-3119(17)61820-3.
4. Yang S., Chen X., Yan L., Jiang D. Performance of three different spades for residual plastic film recycling machine. *Appl. Eng. Agric*. 2020. 36, 187–195. doi: 10.13031/aea.13368.
5. Can H., Wang X., Wang S., et al. Impact of agricultural residual plastic film on the growth and yield of drip-irrigated cotton in arid region of Xinjiang, China. *Int. J. Agr. Biol. Eng*. 2020. 13, 160–169. doi: 10.25165/j.ijabe.20201301.5084.
6. Tan Q., Yang L., Wei F., Chen Y., Li J. Comparative life cycle assessment of polyethylene agricultural mulching film and alternative options including different end-of-life routes. *Renew. Sustain. Energy Rev*. 2023. 178:113239. doi: 10.1016/j.rser.2023.113239.
7. Bandopadhyay S., Liquet y González J. E., Henderson K. B., et al. Soil microbial communities associated with biodegradable plastic mulch films. *Front. Microbiol*. 2020. 11:587074. doi: 10.3389/fmicb.2020.587074.
8. Sintim H. Y., Flury M. Is biodegradable plastic mulch the solution to agriculture's plastic problem? Environ. *Sci. Technol*. 2017. 51:1068–1069. doi: 10.1021/acs.est.6b06042.
9. Sintim H. Y., Bary A. I., Hayes D. G., et al. In situ degradation of biodegradable plastic mulch films in compost and agricultural soils. *Sci. Total Environ*. 2020. 727:138668. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138668.
10. Kim S. J., Shim J-Y., Park K. M., et al. Comparison of decomposition of biodegradable mulching films under variable soil microbial conditions. *Front. Microbiol.* 2025. 16:1674576. doi: 10.3389/fmicb.2025.1674576
11. Ma Z., Liu J., Wen Y., et al. Effects of Different Film Types on Cotton Growth and Yield under Drip Irrigation. *Sustainability.* 2024. 16(10):4173. https://doi.org/10.3390/su16104173.
12. Zong R., Wang Z., Zhang J., Li W. The response of photosynthetic capacity and yield of cotton to various mulching practices under drip irrigation in Northwest China. *Agric. Water Manag*. 2021. 249, 106814. DOI:10.1016/j.agwat.2021.106814.
13. Chen W., Jin M., Ferre T.P.A., et al. Soil conditions affect cotton root distribution and cotton yield under mulched drip irrigation. *Field Crops Res.* 2020. 249, 107743. DOI:10.1016/j.fcr.2020.107743.
14. Hu C., Wang X., Wang S., et al. Impact of agricultural residual plastic film on the growth and yield of drip-irrigated cotton in arid region of Xinjiang, China. *Int. J. Agric. Biol. Eng*. 2020. 13, 160–169. DOI:10.25165/j.ijabe.20201301.508.
15. Li Y., Zhao C., Yan C., et al. Effects of agricultural plastic film residues on transportation and distribution of water and nitrate in soil. *Chemosphere*. 2020. 242, 125131. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.125131. Epub 2019.
16. Wang X., Qiao D., Chen Y., et al. Effects of long-term film mulching on the characteristics of soil residual film in topsoil layer of maize planted in northern China. *Fresenius Environ. Bull*. 2022. 31, 2881–2888.
17. Zhang Z., Zhang L., Tian H., et al. Photosynthetic characteristics of cotton are enhanced by altering the timing of mulch film removal. *J Cotton Res*. 2021. 4, 17. https://doi.org/10.1186/s42397-021-00091-7.
18. Jiang Z., Wang Q., Ning S., et al. Growth and Yield Response and Water Use Efficiency of Cotton under Film-Mulched Drip Irrigation to Magnetized Ionized

Water and Bacillus subtilis in Saline Soil in Xinjiang. *Agronomy*. 2023. 13(6):1644. https://doi.org/10.3390/agronomy13061644.
19. Ning S., Chen C., Zhou B., Wang Q. Evaluation of normalized root length density distribution models. *Field Crops Res*. 2019. 242, 107604. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107604.
20. Ning S., Zhou B., Shi J., Wang Q. Soil water/salt balance and water productivity of typical irrigation schedules for cotton under film mulched drip irrigation in northern Xinjiang. *Agric. Water Manag*. 2021. 245, 106651. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106651.
21. Zhang T., Zhai Y., Ma X., et al. Towards environmental sustainability: Life cycle assessment-based water footprint analysis on China's cotton production. *J. Clean. Prod*. 2021. 313:127925. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.127925.
22. Kamble Z., Behera B. K. Upcycling textile wastes: Challenges and innovations. *Text. Prog*. 2021. 53:65–122. doi: 10.1080/00405167.2021.1986965.
23. Zhang Z., Rumi S. S., Lucia L. A., Abidi N. Waste treat waste: Alginate calcium versus alginate acid gels in upcycling waste cotton linter as composite biosorbent. *Ind. Crops Prod*. 2023. 205:117512. doi: 10.1016/j.indcrop.2023.117512.
24. Zhang Z., Rumi S. S., Lucia L. A., Abidi N. Transforming low-quality cotton fibers into dye adsorbents. *Environ. Chem. Lett*. 2024:1–7. doi: 10.1007/s10311-023-01692-1.
25. Wang C., Su J., Liu T. A sustainable strategy to transform cotton waste into renewable cellulose fiber self-reinforcing composite paper. *J. Clean. Prod*. 2023. 429:139567. doi: 10.1016/j.jclepro.2023.139567.
26. Fan W., Wang Q., Rong K. et al. MXene enhanced 3D needled waste denim felt for high-performance flexible supercapacitors. *Nano-Micro Lett*. 2024. 16:36. doi: 10.1007/s40820-023-01226-y.
27. Zhou C., Girouard F., O'Brien B., et al. Construction of chevaux-de-frise from cellulose nanocrystals to enable mechano-bactericidal activity on recycled waste cotton films. *Green Chem*. 2022. 24:1109–1113. doi: 10.1039/D2GC00073C.
28. Gao W., Tu Q., Wang P., et al. Conductive Polymer/Nanocellulose Composites as a Functional Platform for Electronic Devices: A Mini-Review. *Polym. Rev*. 2023. 64:162–191. doi: 10.1080/15583724.2023.2220018.
29. Demirci S., Sahiner M., Rumi S. S., et al. The Use of Low-Quality Cotton-Derived Cellulose Films as Templates for In Situ Conductive Polymer Synthesis as Promising Biomaterials in Biomedical Applications**.** *Macromolecular Materials and Engineering*. 2024. Vol. 310(1).2400246. https://doi.org/10.1002/mame.202400246.
30. Rumi S. S., Liyanage S., Abidi N. Conversion of low-quality cotton to bioplastics. *Cellulose*. 2021. 28:2021–2038. doi: 10.1007/s10570-020-03661-1.
31. Erdal N. B., Hakkarainen M. Degradation of cellulose derivatives in laboratory, man-made, and natural environments. *Biomacromolecules*. 2022. 23:2713–2729. doi: 10.1021/acs.biomac.2c00336.
32. Técher D., Aran D., Silva M.D., et al. Field evaluation of the cotton-strip assay for quantifying decomposition rates in extensive green roof substrates. *Urban Forestry & Urban Greening.* 2024. Vol. 94. 128292. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128292**.**
33. Rumi S.S., Liyanage S., Zhang Z., Abidi N. Upcycling Low-Quality Cotton Fibers into Mulch Gel Films in a Fast Closed Carbon Cycle. *Gels*. 2024. 23;10(4):218. doi: 10.3390/gels10040218. PMID: 38667637; PMCID: PMC11049410.
34. Singh K., Dhillon B. S., Limba V. Effect of Mulching on Growth and Productivity of Bt Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2021. Vol. 10(01). https://doi.org/10.20546/ijcmas.2021.1001.304.
35. Tan S., Wang Q., Zhang J., et al. Performance of AquaCrop model for cotton growth simulation under film-mulched drip irrigation in southern Xinjiang, China. *Agricultural Water Management*. 2018. 196(8):99-113. DOI:10.1016/j.agwat.2017.11.001.
36. Yang Z., Hu Y., Zhao Y., et al. Effects of film mulching on cotton yield and water use efficiency in China: a meta-analysis. *Sci Rep*. 2026. 8;16(1):7801. doi: 10.1038/s41598-026-37124-7. PMID: 41656294; PMCID: PMC12949007.
37. Hu Y., Zhao Y., Li L., et al. Effects of film mulching on cotton yield and water use efficiency in China: a meta-analysis. cts of film mulching on cotton yield and water use efficiency in China: a meta-analysis**.** *Scientific Reports.*2026. 16(1). DOI:10.1038/s41598-026-37124-7
38. Sun D., Li H., Wang E., et al. An overview of the use of plastic-film mulching in China to increase crop yield and water-use efficiency. *Natl Sci Rev*. 2020. 2;7(10):1523-1526. doi: 10.1093/nsr/nwaa146.
39. Mo F., Mo F., Li X., et al. Alternating small and large ridges with full film mulching increase linseed (*Linum usitatissimum* L.) productivity and economic benefit in a rainfed semiarid environment. *Field Crops Research*. 2018. 219, 120–130. https://doi.org/10.1016/J.FCR.2018.01.036.
40. Fu W., Fan J., Hao M. D., et al. Evaluating the effects of plastic film mulching patterns on cultivation of winter wheat in a dryland cropping system on the Loess Plateau, China. *Agric. Water Manag.* 2021. 244, 106550. 10.1016/j.agwat.2020.106550. DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106550.
41. GaoY., Li Y., Wang Y., et al. Effect of different film color mulching on dry matter and grain yield of oil flax in dryland. *Oil Crop Science*. 2020. Vol. 5(2)., P. 17-22/ https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2020.04.003.
42. Yang Z., Hu Y., Zhao Y., et al. Effects of film mulching on cotton yield and water use efficiency in China: a meta-analysis. *Sci Rep*. 2026. 8;16(1):7801. doi: 10.1038/s41598-026-37124-7. PMID: 41656294; PMCID: PMC12949007.
43. Ermatov Q., Bekkulov B., Ibragimdjanov B., et al. Results of a study on the mechanization of photodegradable film application in cotton crops**.** *AIP Conf. Proc.*2025. Vol. 3268(1). 3268, 040015. https://doi.org/10.1063/5.0257480.
44. Wang H., Yin Z., Zhang L., et al. Irrigation modulates the effect of increasing temperatures under climate change on cotton production of drip irrigation under plastic film mulching in southern Xinjiang. *Front. Plant Sci*. 2022. 13:1069190. doi: 10.3389/fpls.2022.1069190.
45. Nie T. Z., Tang Y., Jiao Y., et al. Effects of irrigation schedules on maize yield and water use efficiency under future climate scenarios in heilongjiang province based on the AquaCrop model. *Agronomy.* 2022. 12, 810. doi: 10.3390/agronomy12040810.
46. Dubey S. K., Sharma D. Assessment of climate change impact on yield of major crops in the banas river basin,

India. *Sci. Total Environ.*2018. 635, 10–19. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.03.343.
47. Anwa R. M. R., Wang B., Liu D. L. et al. Late planting has great potential to mitigate the effects of future climate change on Australian rain-fed cotton. *Sci. Total Environ.*2020. 714, 136806. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.136806.
48. Irmak S., Sandhu R., Kukal M. S. Multi-model projections of trade-offs between irrigated and rainfed maize yields under changing climate and future emission scenarios. *Agric. Water Manage.* 2022. 261, 107344. doi: 10.1016/j.agwat.2021.107344.
49. Alizadeh M. R., Adamowski J., Nikoo M. R., et al. A century of observations reveals increasing likelihood of continental-scale compound dry-hot extremes. *Sci. Adv.* 2020.6, aaz4571. doi: 10.1126/sciadv.aaz4571.
50. Rashid M., Jabloun M. A., Andersen M. N., et al. Climate change is expected to increase yield and water use efficiency of wheat in the north China plain. *Agric. Water Manage.* 2019. 222, 193–203. doi: 10.1016/j.agwat.2019.06.004.
51. Alvar-Beltrán J., Heureux A., Soldan R., et al. Assessing the impact of climate change on wheat and sugarcane with the AquaCrop model along the indus river basin, Pakistan. *Agric. Water Manage.* 2021.253, 106909. doi: 10.1016/j.agwat.2021.106909
52. Li N., Lin H., Wang T., et al. Impact of climate change on cotton growth and yields in xinjiang, China. *Field Crops Res.* 2020. 247, 107590. doi: 10.1016/j.fcr.2019.107590.

REFERENCES:

1. Li, N.N., Li, J.H., Shi, X.J., Shi, F., Tian, Y., Wang, J., Hao, X.Z., Luo, H.H. & Wang, Z.B. (2024). Increasing cotton lint yield and water use efficiency for subsurface drip irrigation without mulching. *Front Plant Sci*. 25;15:1433719. doi: 10.3389/fpls.2024.1433719.
2. Li, W., Wang, Z., Zhang, J. & Zong, R. (2021). Soil salinity variations and cotton growth under long-term mulched drip irrigation in saline-alkali land of arid oasis. *Irrig. Sci*. 40, 103–113. DOI:10.1007/s00271-021-00749-9.
3. Wu, Y., Zhao, W., Meng, Y., Wang, Y., Chen, B. & Zhou, Z. (2018). Relationships between temperature-light meteorological factors and seedcotton biomass per boll at different boll positions. *J. Integr. Agric*. 17, 1315–1326. doi: 10.1016/S2095-3119(17)61820-3
4. Yang, S., Chen, X., Yan, L. & Jiang, D. (2020). Performance of three different spades for residual plastic film recycling machine. *Appl. Eng. Agric*. 36, 187–195. doi: 10.13031/aea.13368.
5. Can, H., Wang, X., Wang, S., Bing, L., Guo, W., Liu, C. & Tang, X. (2020). Impact of agricultural residual plastic film on the growth and yield of drip-irrigated cotton in arid region of Xinjiang, China. *Int. J. Agr. Biol. Eng*. 13, 160–169. doi: 10.25165/j.ijabe.20201301.5084.
6. Tan, Q., Yang, L., Wei, F., Chen, Y. & Li, J. (2023). Comparative life cycle assessment of polyethylene agricultural mulching film and alternative options including different end-of-life routes. *Renew. Sustain. Energy Rev*. 178:113239. doi: 10.1016/j.rser.2023.113239.
7. Bandopadhyay, S., Liquet y González, J. E., Henderson, K. B., Anunciado, M. B., Hayes, D. G. & DeBruyn, J. M. (2020). Soil microbial communities associated with biodegradable plastic mulch films. *Front. Microbiol*. 11:587074. doi: 10.3389/fmicb.2020.587074.
8. Sintim, H. Y. & Flury, M. (2017). Is biodegradable plastic mulch the solution to agriculture's plastic problem? Environ. *Sci. Technol*. 51:1068–1069. doi: 10.1021/acs.est.6b06042.
9. Sintim, H. Y., Bary, A. I., Hayes, D. G., Wadsworth, L. C., Anunciado, M. B., English, M. E., Bandopadhyay, S., Schaeffer, S. M., DeBruyn, J. M., Miles, C. A., Reganold, J. P. & Flury, M. (2020). In situ degradation of biodegradable plastic mulch films in compost and agricultural soils. *Sci. Total Environ*. 727:138668. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138668.
10. Kim, S. J., Shim, J-Y., Park, K. M., Park, D., Heo, N. Y., Hwang, S. J., Park, S. H., Chung, H. W., Lee, J. M. & Chung, H. C. (2025). Comparison of decomposition of biodegradable mulching films under variable soil microbial conditions. *Front. Microbiol.* 16:1674576. doi: 10.3389/fmicb.2025.1674576.
11. Ma, Z., Liu, J., Wen, Y., Li, W., Zhu, Y., Song, L., Li, Y., Liang, Y. & Wang, Z. (2024). Effects of Different Film Types on Cotton Growth and Yield under Drip Irrigation. *Sustainability*, 16(10):4173. https://doi.org/10.3390/su16104173.
12. Zong, R., Wang, Z., Zhang, J. & Li, W. (2021). The response of photosynthetic capacity and yield of cotton to various mulching practices under drip irrigation in Northwest China. *Agric. Water Manag*. 249, 106814. DOI:10.1016/j.agwat.2021.106814.
13. Chen, W., Jin, M., Ferre, T.P.A., Liu, Y., Huang, J. & Xian, Y. (2020). Soil conditions affect cotton root distribution and cotton yield under mulched drip irrigation. *Field Crops Res.* 249, 107743. DOI:10.1016/j.fcr.2020.107743.
14. Hu C., Wang X., Wang S., Lu B., Guo W., Liu C. & Tang X. (2020). Impact of agricultural residual plastic film on the growth and yield of drip-irrigated cotton in arid region of Xinjiang, China. *Int. J. Agric. Biol. Eng*. 13, 160–169. DOI:10.25165/j.ijabe.20201301.508.
15. Li, Y., Zhao, C., Yan, C., Mao, L., Liu, Q., Li, Z. & He, W. (2020). Effects of agricultural plastic film residues on transportation and distribution of water and nitrate in soil. *Chemosphere*. 242, 125131. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.125131
16. Wang, X., Qiao, D., Chen, Y., Zou, G., Liu, B., Zhang, J. & Liu, B. (2022). Effects of long-term film mulching on the characteristics of soil residual film in topsoil layer of maize planted in northern China. *Fresenius Environ. Bull*. 31, 2881–2888.
17. Zhang, Z., Zhang, L., Tian, H., Niu, Y. & Yang, X. (2021). Photosynthetic characteristics of cotton are enhanced by altering the timing of mulch film removal. *J Cotton Res* 4, 17. https://doi.org/10.1186/s42397-021-00091-7.
18. Jiang, Z., Wang, Q., Ning, S., Hu, X. & Yuan, S. (2023). Growth and Yield Response and Water Use Efficiency of Cotton under Film-Mulched Drip Irrigation to Magnetized Ionized Water and Bacillus subtilis in Saline Soil in Xinjiang. *Agronomy*. 13(6):1644. https://doi.org/10.3390/agronomy13061644.
19. Ning, S., Chen, C., Zhou, B. & Wang, Q. (2019). Evaluation of normalized root length density distribution models. *Field Crops Res*. 242, 107604.
20. Ning, S., Zhou, B., Shi, J. & Wang, Q. (2021). Soil water/salt balance and water productivity of typical irrigation schedules for cotton under film mulched drip irrigation in northern Xinjiang. *Agric. Water Manag*. 245, 106651. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106651.

21. Zhang, T., Zhai, Y., Ma, X., Shen, X., Bai, Y., Zhang, R., Ji, C. & Hong, J. (2021). Towards environmental sustainability: Life cycle assessment-based water footprint analysis on China's cotton production. *J. Clean. Prod*. 313:127925. doi: 10.1016/j.jclepro.2021.127925.
22. Kamble, Z. & Behera, B. K. (2021). Upcycling textile wastes: Challenges and innovations. *Text. Prog*. 53:65–122. doi: 10.1080/00405167.2021.1986965.
23. Zhang, Z., Rumi, S. S., Lucia, L. A. & Abidi, N. (2023). Waste treat waste: Alginate calcium versus alginate acid gels in upcycling waste cotton linter as composite biosorbent. *Ind. Crops Prod*. 205:117512. doi: 10.1016/j.indcrop.2023.117512.
24. Zhang, Z., Rumi, S. S., Lucia, L. A. & Abidi, N. (2024). Transforming low-quality cotton fibers into dye adsorbents. *Environ. Chem. Lett*. 1–7. doi: 10.1007/s10311-023-01692-1.
25. Wang, C., Su, J., Liu, T., Ge, S., Liew, R. K., Zhang, H., Naushad, M., Lam, S. S., Ng, H. S. & Sonne, C. (2023). A sustainable strategy to transform cotton waste into renewable cellulose fiber self-reinforcing composite paper. *J. Clean. Prod*. 429:139567. doi: 10.1016/j.jclepro.2023.139567.
26. Fan, W., Wang, Q., Rong, K., Shi, Y., Peng, W., Li, H., Guo, Z., Xu, B.B., Hou, H. & Algadi, H. (2024). MXene enhanced 3D needled waste denim felt for high-performance flexible supercapacitors. *Nano-Micro Lett*. 16:36. doi: 10.1007/s40820-023-01226-y.
27. Zhou, C., Girouard, F., O'Brien, B., Ronholm, J. & Wang, Y. (2022). Construction of chevaux-de-frise from cellulose nanocrystals to enable mechano-bactericidal activity on recycled waste cotton films. *Green Chem*. 24:1109–1113. doi: 10.1039/D2GC00073C.
28. Gao, W., Tu, Q., Wang, P., Zeng, J., Li, J., Wang, B., Xu, J., Chen, K., Zhang, Z. & Abidi, N. (2023). Conductive Polymer/Nanocellulose Composites as a Functional Platform for Electronic Devices: A Mini-Review. *Polym. Rev*. 64:162–191. doi: 10.1080/15583724.2023.2220018.
29. Demirci, S., Sahiner, M., Rumi, S. S., Suner, S. S., Abidi, N., & Sahine, N. (2024). The Use of Low-Quality Cotton-Derived Cellulose Films as Templates for In Situ Conductive Polymer Synthesis as Promising Biomaterials in Biomedical Applications**.** *Macromolecular Materials and Engineering*. Vol. 310(1).2400246. https://doi.org/10.1002/mame.202400246.
30. Rumi, S. S., Liyanage, S., & Abidi, N. (2021). Conversion of low-quality cotton to bioplastics. *Cellulose*. 28:2021–2038. doi: 10.1007/s10570-020-03661-1.
31. Erdal, N. B. & Hakkarainen, M. (2022). Degradation of cellulose derivatives in laboratory, man-made, and natural environments. *Biomacromolecules*. 23:2713–2729. doi: 10.1021/acs.biomac.2c00336.
32. Técher, D., Aran, D., Silva, M.D., Claverie, R., Erbrech, M., Bojic, C., Goncalves, V. & Maunoury-Danger, F. (2024). Field evaluation of the cotton-strip assay for quantifying decomposition rates in extensive green roof substrates. Urban Forestry & Urban Greening. Vol. 94. 128292. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128292.
33. Rumi, S.S., Liyanage, S., Zhang, Z. & Abidi, N. (2024). Upcycling Low-Quality Cotton Fibers into Mulch Gel Films in a Fast Closed Carbon Cycle. *Gels*. 23;10(4):218. doi: 10.3390/gels10040218.
34. Singh, K., Dhillon, B. S. & Limba, V. (2021). Effect of Mulching on Growth and Productivity of Bt Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. ISSN: 2319-7706 Vol. 10(01). https://doi.org/10.20546/ijcmas.2021.1001.304.
35. Tan, S., Wang, Q., Zhang, J., Chen, Y., Shan, Y. & Xu, D. (2018). Performance of AquaCrop model for cotton growth simulation under film-mulched drip irrigation in southern Xinjiang, China. *Agricultural Water Management*. 196(8):99-113.DOI:10.1016/j.agwat.2017.11.001.
36. Yang, Z., Hu, Y., Zhao, Y., Li, L., Liu, S., Meng, Q. & Zhang,Y. (2026). Effects of film mulching on cotton yield and water use efficiency in China: a meta-analysis. *Sci Rep*. 2026. 8;16(1):7801. doi: 10.1038/s41598-026-37124-7.
37. Hu, Y., Zhao, Y., Li, L., Liu, S., Meng, O. & Zhang, Y. (2026). Effects of film mulching on cotton yield and water use efficiency in China: a meta-analysis. cts of film mulching on cotton yield and water use efficiency in China: a meta-analysis**.** *Scientific Reports,* 16(1). DOI:10.1038/s41598-026-37124-7.
38. Sun, D., Li, H, Wang, E., He, W., Hao, W., Yan, C., Li, Y., Mei, X., Zhang, Y., Sun, Z., Jia, Z., Zhou, H., Fan, T., Zhang, X., Liu, Q., Wang, F., Zhang, C., Shen, J., Wang, Q. & Zhang, F. (2020). An overview of the use of plastic-film mulching in China to increase crop yield and water-use efficiency. *Natl Sci Rev*. 2;7(10):1523-1526. doi: 10.1093/nsr/nwaa146.
39. Mo, F., Mo, F., Li, X., Niu, F., Zhang, C., Li, S., Zhang, L. & Xiong, Y.-C. (2018). Alternating small and large ridges with full film mulching increase linseed (Linum usitatissimum L.) productivity and economic benefit in a rainfed semiarid environment. *Field Crops Research*. 219, 120–130. https://doi.org/10.1016/J.FCR.2018.01.036.
40. Fu, W., Fan, J., Hao, M. D., Hu, J. S. & Wang, H. (2021). Evaluating the effects of plastic film mulching patterns on cultivation of winter wheat in a dryland cropping system on the Loess Plateau, China. *Agric. Water Manag.* 244, 106550. DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106550.
41. Gao,Y., Li, Y., Wang, Y., Wu, B., Ke, J., Niu, J. & Guo, L. (2020). Effect of different film color mulching on dry matter and grain yield of oil flax in dry-land. *Oil Crop Science*. Vol. 5(2)., P. 17-22/ https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2020.04.003.
42. Yang, Z., Hu, Y., Zhao, Y., Li, L., Liu, S., Meng, Q. & Zhang, Y. (2026). Effects of film mulching on cotton yield and water use efficiency in China: a meta-analysis. *Sci Rep*. 8;16(1):7801. doi: 10.1038/s41598-026-37124-7.
43. Ermatov, Q., Bekkulov, B., Ibragimdjanov, B., Shokirov, B. M. & Qorachayeva, O. (2025). Results of a study on the mechanization of photodegradable film application in cotton crops**.** *AIP Conf. Proc.* Vol. 3268(1). 3268, 040015. https://doi.org/10.1063/5.0257480.
44. Wang, H., Yin, Z., Zhang, L., Zhao, F., Huang, W., Wang, X. & Gao, Y. (2022). Irrigation modulates the effect of increasing temperatures under climate change on cotton production of drip irrigation under plastic film mulching in southern Xinjiang. *Front. Plant Sci*. 13:1069190. doi: 10.3389/fpls.2022.1069190.
45. Nie, T. Z., Tang, Y., Jiao, Y., Li, N., Wang, T. Y., Du, C. Zhang, Z., Chen, P., Li, T., Sun, Z. & Zhu, S. (2022). Effects of irrigation schedules on maize yield and water use efficiency under future climate scenarios in heilongjiang province based on the AquaCrop model. *Agronomy.* 12, 810. doi: 10.3390/agronomy12040810.

46. Dubey, S. K. & Sharma, D. (2018). Assessment of climate change impact on yield of major crops in the banas river basin, India. *Sci. Total Environ.* 635, 10–19. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.03.343.
47. Anwa, R. M. R., Wang, B., Liu, D. L. & Waters, C. (2020). Late planting has great potential to mitigate the effects of future climate change on Australian rain-fed cotton. *Sci. Total Environ.* 714, 136806. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.136806.
48. Irmak, S., Sandhu, R. & Kukal, M. S. (2022). Multi-model projections of trade-offs between irrigated and rainfed maize yields under changing climate and future emission scenarios. *Agric. Water Manage.* 261, 107344. doi: 10.1016/j.agwat.2021.107344.
49. Alizadeh, M. R., Adamowski, J., Nikoo, M. R., Kouchak, A. A., Dennison P. & Sadegh M. (2020). A century of observations reveals increasing likelihood of continental-scale compound dry-hot extremes. *Sci. Adv*. 6, aaz4571. doi: 10.1126/sciadv.aaz4571.
50. Rashid, M., Jabloun, M. A., Andersen, M. N., Zhang, X. Y. & Olesen, J. E. (2019). Climate change is expected to increase yield and water use efficiency of wheat in the north China plain. *Agric. Water Manage.* 222, 193–203. doi: 10.1016/j.agwat.2019.06.004.
51. Alvar-Beltrán, J., Heureux, A., Soldan, R., Manzanas, R., Khan, B. & Dalla, Marta A. (2021). Assessing the impact of climate change on wheat and sugarcane with the AquaCrop model along the indus river basin, Pakistan. *Agric. Water Manage.* 253, 106909. doi: 10.1016/j.agwat.2021.106909.
52. Li, N., Lin, H., Wang, T., Li, Y., Liu, Y., Chen, X. & Hu, X. (2020). Impact of climate change on cotton growth and yields in xinjiang, China. *Field Crops Res.* 247, 107590. doi: 10.1016/j.fcr.2019.107590.

Боровик В.О., Олійник О.І. Ефективність технології вирощування бавовнику в умовах плівкового покриття

Бавовник (*Gossypium hirsutum* L.) належить до стратегічно важливих теплолюбних технічних культур, що є джерелом високоякісного волокна та цінної олійної сировини. **Метою** дослідження є оцінка впливу плівкового укриття та оптимізованих режимів зрошення на ріст, розвиток, тривалість вегетаційного періоду та врожайність бавовнику на основі аналізу літературних джерел. **Методи.** Аналіз досягнень науковців світу в галузі застосування плівки під посіви бавовнику. **Результати.** Одним із ключових лімітуючих чинників вирощування бавовнику є вплив низьких температур, які виступають потужним абіотичним стресором. За умов холодового стресу відбувається дисбаланс активних форм кисню, порушується функціонування фотосинтетичного апарату, інгібуються фізіолого-біохімічні процеси, що призводить до уповільнення росту й розвитку рослин та, як наслідок, зниження врожайності й погіршення якості продукції. Особливої актуальності зазначена проблема набуває в умовах Степу України, який розташований у зоні північної межі вирощування бавовнику. Впровадження технології мульчування, зокрема вирощування культури під полімерними плівковими укриттями, є ефективним агротехнічним заходом для нівелювання негативного впливу абіотичних стресових чинників. Застосування плівкових матеріалів забезпечує підвищення температурного режиму ґрунту, збереження вологи, оптимізацію водного балансу, сприяє прискоренню ростових процесів, формуванню більш раннього врожаю та підвищенню ефективності використання водних ресурсів. **Висновки**. На основі аналізу сучасних досліджень встановлено, що застосування плівкового мульчування у поєднанні з крапельним зрошенням сприяє покращенню температурного та водного режимів ґрунту, активізації ростових процесів рослин бавовнику, скороченню тривалості вегетаційного періоду та підвищенню врожайності. Доведено також підвищення ефективності використання води в умовах обмежених водних ресурсів.

Ключові слова: плівкового мульчування, бавовнику, оптимізація водного та температурного режимів ґрунту.

Borovyk V.O., Oliinyk O.I. Efficiency of cotton growing technology under film covering conditions

Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) is a strategically important thermophilic industrial crop that is a source of high-quality fiber and valuable oilseeds. **The purpose** of the study is to assess the impact of film covering and optimized irrigation regimes on the growth, development, duration of the growing season and yield of cotton based on the analysis of literary sources. **Methods**. Analysis of the achievements of world scientists in the field of using film for cotton crops. **Results.** One of the key limiting factors in cotton growing is the influence of low temperatures, which act as a powerful abiotic stressor. Under conditions of cold stress, an imbalance of active oxygen species occurs, the functioning of the photosynthetic apparatus is disrupted, physiological and biochemical processes are inhibited, which leads to a slowdown in plant growth and development and, as a result, a decrease in yield and deterioration of product quality. This problem becomes particularly relevant in the conditions of the Steppe of Ukraine, which is located in the zone of the northern border of cotton cultivation. The introduction of mulching technology, in particular, growing crops under polymer film shelters, is an effective agrotechnical measure to eliminate the negative impact of abiotic stress factors. The use of film materials provides an increase in the temperature regime of the soil, moisture conservation, optimization of the water balance, contributes to the acceleration of growth processes, the formation of an earlier harvest and increased efficiency of water resources use. **Conclusions**. Based on the analysis of modern research, it was found that the use of film mulching in combination with drip irrigation contributes to the improvement of the temperature and water regimes of the soil, the activation of growth processes of cotton plants, the reduction of the duration of the growing season and the increase in yield. It has also been proven to increase the efficiency of water use in conditions of limited water resources.

Key words: film mulching, cotton, optimization of water and temperature regimes of the soil.

Дата першого надходження статті до видання: 27.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 633.16"321": 631.543: 631.82: 631.811.98: 631: 559
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.5

ВПЛИВ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ В КОМБІНАЦІЇ З ЛИСТКОВИМ ПІДЖИВЛЕННЯМ РОСЛИН ЯЧМЕНЮ ЯРОГО НА УРОЖАЙНІСТЬ ЗЕРНА

ГОРАШ В.О. – аспірант
orcid.org/0009-0004-0310-1672
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Постановка проблеми. В умовах сучасного ведення рослинництва Правобережного Лісостепу оптимізація систем живлення ячменю ярого є критично важливою через нестабільність гідротермічного режиму та лімітуючих чинників ґрунтового покриву. Значна частина ріллі регіону представлена темно-сірими опідзоленими ґрунтами зі слабокислою реакцією середовища (pH = 5,1–5,5) та середнім рівнем гумусованості (2,5–2,8 %). За таких умов природні процеси мінералізації азоту уповільнені, а доступність фосфору обмежена, що стримує стартовий ріст культури ячменю. Традиційне застосування лише макродобрив часто є недостатньо ефективним без коригування мікроелементного складу та стимуляції фізіологічних процесів рослин у критичні фази розвитку. У зв'язку з цим виникає гостра потреба в комплексному дослідженні ефективності градаційних доз мінеральних добрив (у діапазоні NPK 15–60 кг д.р./га) в поєднанні з різною кратністю (дво- та триразовим) позакореневим застосуванням рідкого добрива GelyFLOW 9–44–20 для досягнення максимальної ефективності удобрення та розкриття біологічного потенціалу ячменю ярого.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Ячмінь ярий серед всіх відомих за походженням давніх доісторичних сільськогосподарських культур належить до самих стародавніх хлібних злаків. Початок окультурення ячменю відноситься до періоду за 10 тисячоліть до нової ери [1]. Писемність з'явилася до нашої ери набагато пізніше, перший документ про ячмінь датований приблизно за 3300–3100 роками до нашої ери (The British Museum номер музею 140853). Опис: глиняна табличка, запис про ячмінь спостерігається чотири рази на цій табличці, де він представлений одним стеблом з колосками на верхівці, використовуються три різні типи числових символів. Матеріал глина, довжина 8 см, ширина 5 см, напис у формі клинопису. Проте перший віднайдений документ, який торкався вирощування ячменю на 109 строчках клинописного тексту датується походженням за 1700 років до нової ери в Месопотамії, де він містив значну кількість агрономічних порад. Серед них були питання підготовки ґрунту, оранка, очистка та сортування насіння [2]. Скрізь тисячоліття до нашого сьогодення актуальність питань щодо технології вирощування ячменю не сходить з порядку денного аграріїв сільськогосподарського виробництва.

За актуальністю в сучасних технологіях вирощування зернових культур, зокрема ячменю ярого (*Hordeum vulgare L.*), завдання оптимізації мінерального удобрення залишається важливим завданням у забезпеченні процесу реалізації біологічного потенціалу продуктивності рослин.

Застосування мінеральних добрив безперечно належить до найважливішого за ефективністю технологічного фактора за впливом на процес управління ростом та розвитком рослин. З акцентом на це удобренню мінеральними добривами надається увага в технологіях вирощування багатьох сільськогосподарських культур. Зокрема щодо культури соняшнику автори досліджень зазначають про важливість азоту у забезпеченні активності метаболізму, в результаті цього посилюються процеси росту та репродуктивного розвитку рослин. Науковці також надають достатньо уваги фосфору та калію, де вони теоретично обґрунтовують значення цих макроелементів для життєдіяльності рослин [3].

В застосуванні мінеральних добрив особливо актуальним залишається питання в технології вирощування пшениці, як ярої, так і озимої. Важливою особливість в цьому аспекті є вимога досягнення якості вирощеної продукції на, що автори досліджень особливу звертають увагу [4, 5].

Відомі публікації про результати досліджень з використанням мінеральних добрив як факторів впливу на процес вирощування пшениці озимої в умовах Лівобережного Лісостепу та Степу України [6, 7, 8].

Літературні джерела не обходять питання застосування мінеральних добрив при вирощуванні пшениці озимої з акцентом на комбінацію з позакореневим підживленням рослин [9].

Затребуваними стали нині питання вирощування зернових культур з використанням різних видів мінеральних дорив в комбінації удобрення з регуляторами росту, застосування листкового підживлення мікродобривами, сеникації. Особливої уваги заслуговують дослідження з погляду наших експериментів про вирощування ячменю ярого в умовах Північного Степу України, де автори поєднували оптимізацію мінерального живлення з мікроелементними компонентами за для забезпечення стабільності процесу формування врожаю зерна з акцентом пивоварного напрямку використання [10, 11, 12].

Завдяки таким можливостям особливо за різної комбінації застосування макро- та мікроелементів мінерального живлення, існує реальна можливість формування високого рівня урожайності зерна заразом з досягненням

© Гораш В.О., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

високих показників якості вирощеної продукції. Нині особливо актуальним та затребуваним є питання наукового-технологічного обґрунтування вирощування ячменю на сірих опідзолених ґрунтах. Сірі опідзолені ґрунти південно-західного Лісостепу характеризуються сприятливими фізико-хімічними властивостями, проте часто через дефіцит рухомих форм поживних речовин особливо азоту та фосфору на самих важливих початкових етапах росту та розвитку рослин, зокрема, під час II та III етапів органогенезу через нестабільні гідротермічні умови за раннього весняного періоду відбувається депресивний вплив з пролонгованою дією на реалізацію потенціала продуктивності ячменю. Питанню вирощування ячменю ярого на сірих опідзолених ґрунтах в науковій літературі достатньо надається уваги [13, 14, 15].

Важливого значення в технології вирощування зернових культур надається увага можливості отримувати на сірих опідзолених ґрунтах за їхньою специфікою родючості зерно ячменю ярого з добрими пивоварними якостями [16]. У пивоварному агровиробництві інтегроване живлення має критичне значення: надлишок прикореневого азоту підвищує вміст білка понад норму (більше ніж 11%), що знижує якість солоду. Саме тому швидка абсорбція мікроелементів (цинку, міді, марганцю) через листок допомагає збалансувати азотний обмін та підвищити екстрактивність зерна.

Щодо використання добрив в літературних джерелах наголошується на важливості збалансованого управління агротехнологічними практиками, зокрема оптимізації доз мінеральних та органічних добрив для збереження стійкості агросфери [17].

В сучасних викликах розвитку технологій вирощування зернових культур в т.ч. ячменю найбільше значення надається забезпеченню результативного застосування всіх факторів впливу з максимальним ефектом віддачі. Така вимога належить до найскладніших завдань, яка потребує задля її реалізації в процесі вирощування наукових обґрунтованих рішень на основі результатів постійно задіяних експериментальних досліджень.

Традиційне внесення макроелементів для забезпечення процесу вирощування ячменю ярого в дозах від $N_{15}P_{15}K_{15}$ до $N_{60}P_{60}K_{60}$ створює необхідний поживний фон, що сприяє формуванню вегетативної маси, посилює лінійний ріст та закладає основу продуктивного кущіння. Водночас наукові дослідження останніх років доводять, що одностороннє збільшення норм мінеральних добрив без збалансування з мікроелементним складом знижує окупність добрив вирощеним урожаєм, а під час вегетації може призводити до втрати вертикальної стійкості рослин та їх функціональної активності.

З огляду на це, актуальним напрямком досліджень є вивчення систем інтегрованого живлення, де базовий фон макродобрив поєднується з позакореневими (листковими) підживленнями концентрованими мікродобривами. Ефективність такого підходу зумовлена тим, що абсорбція біогенних елементів через листову поверхню відбувається значно швидше, ніж через кореневу систему, що дозволяє оперативно коригувати фізіологічний стан рослин у критичні фази органогенезу. Доведено, що метод листкового підживлення стимулює фізіолого-біохімічні процеси й активність фотосинтезу, коли поглинання елементів живлення з ґрунту обмежене. Автори такого технологічного прийому наголошують на високій ефективності забезпечення формування толерантних ознак рослин на всіх етапах органогенезу і звертають увагу на те, що листкове підживлення є єдиним шляхом збереження динаміки ростових процесів за лімітуючих ґрунтових чинників. [18, 19, 20, 21].

Особливий науковий інтерес викликає застосування сучасних рідких добрив на основі інноваційних гелевих формуляцій, таких як GelyFLOW 9-44-20. Завдяки високому вмісту фосфору (44%) та калію (20%) збалансованих з азотом та мікроелементами, такі препарати стимулюють розвиток вторинної кореневої системи та підвищують стійкість рослин до біотичних і абіотичних стресів.

У науковій літературі дискусійним залишається питання оптимізації кратності позакореневих обробок. Низка дослідників наголошує на доцільності дворазового внесення мікродобрив у фазі кущіння (на початку формування 3-х листків та через 14–15 діб), оскільки саме в цей період формується майбутня структура колоса та кількість продуктивних стебел. Водночас інші автори обґрунтовують переваги триразового підживлення з включенням додаткової обробки перед початком фази цвітіння, що спрямоване на покращення процесів запилення, зменшення редукції квіток у колосі та збільшення маси 1000 насінин [22].

Слід зазначити, що комплексна оцінка впливу різних доз мінеральних добрив $N_{15}P_{15}K_{15}$; $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{45}P_{45}K_{45}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$ та кратності застосування гелевого мікродобрива GelyFLOW 9-44-2 в комбінації в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах південно-західного Лісостепу на процес вирощування ячменю ярого на сірих опідзолених ґрунтах є недостатньо вивченою і потребує детального експериментального обґрунтування, що й зумовило напрям нашого дослідження.

Мета дослідження – встановити вплив мінерального удобрення в комбінації з позакореневим підживленням рослин добривом «GelyFLOW» на урожайність зерна ячменю ярого в процесі вирощування на темно-сірому опідзоленому ґрунті.

Матеріал та методика досліджень. Дослідження проведені на темно-сірих опідзолених ґрунтах ПП «Мрія 2010» (Кам'янець–Подільський район Хмельницька область) упродовж 2024–2026 рр. За реакцією ґрунтового середовища pH – 5,1–5,6, сума ввібраних основ (Ca + Mg) підвищена на рівні 17,0 мг-екв/100 г ґрунту, вміст гумусу до 3,0 %, забезпеченість азотом низька – 126,0–129 мг/кг ґрунту, вміст рухомих сполук фосфору в межах 50–56 мг/кг ґрунту, вміст рухомих сполук калію дуже високий – від 245 до 300 мг/кг ґрунту. Об'єкт досліджень – сорт ячменю ярого Сєбастьян. Схема досліду включала варіанти мінерального удобрення: $N_0P_0K_0$; $N_{15}P_{15}K_{15}$; $N_{30}P_{30}K_{30}$, $N_{45}P_{45}K_{45}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$ та варіанти дворазового та триразового листкового підживлення рослин висококонцентрованим рідким комплексним NPK-добривом гелевої формуляції GelyFLOW 9-44-20 з набором мікроелементів B, Cu, Mn, Zn, Fe збалансованої концентрації розробленого для позакореневого підживлення рослин у періоди високої потреби в фосфорі під час формування кореневої

системи, цвітіння, закладки продуктивності генеративних органів. Застосування мікродобрива: дворазове – на початку фази кущіння рослин ячменю при настанні трьох-чотирьох розвинутих листків, друге – під час процесу кущіння через 15 днів після першого. Триразове – аналогічно, як за дворазового застосування, два рази, третє перед настанням фази цвітіння. Однократна норма використання добрива 1,5 л/га, робочий розчин 200 л/га. Розміщення варіантів систематизоване. Площа облікової ділянки 20 м^2, повторність чотириразова, розміщення ділянок систематизоване ярусне. Спосіб сівби звичайний рядковий, ширина міжрядь 15 см. Глибина загортання насіння 2–3 см. Фонове мінеральне удобрення поля закладки досліду: 30 кг д. р. азоту та 30 кг д. р. фосфору. Облік урожаю проведено на основі виділених пробних ділянок. Математичні розрахунки проведено методом дисперсійного аналізу на основі застосування багаторангового критерію Дункана з використанням пакету «Statistica» за процедурою ANOVA [23].

Результати досліджень. Урожайність зерна ячменю ярого як показник належить до категорії господарських та економічних характеристик, а також є важливою у відношенні енергетичної оцінки технології вирощування. Сучасний розвиток технології вирощування зернових культур сприяє значному підвищенню продуктивності ячменю ярого в процесі вирощування на темно-сірих опідзолених ґрунтах.

Результати досліджень представлені у форматі таблиці 1, де представлено результати впливу мінеральних добрив при застосуванні триразового листкового підживлення рослин ячменю ярого мікродобривом. Встановлено на основі отриманих експериментальних даних, що кожне збільшення норми мінеральних добрив на $N_{15}P_{15}K_{15}$ сприяло істотному підвищенню урожайності зерна ячменю. Максимальна урожайність сформована при застосуванні норми добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$, але з найменшим впливом на урожайність при збільшенні норми добрив на $N_{15}P_{15}K_{15}$ відносно норми добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$. Зокрема, у 2024 р. на варіанті удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ урожайність зерна ячменю становила 5,880 т/га, у 2025 р. – 6,791 т/га, у 2026 р. максимальний показник становив 7,869 т/га. Статистичний аналіз даних на основі тесту Дункана дає підстави стверджувати проте, що за збільшення норми добрив відбувалося істотне підвищення урожайності зерна, проте найкращі результати ефективності досягнуті при збільшенні норми добив до $N_{30}P_{30}K_{30}$ порівняно даних отриманих за норми добрив $N_{15}P_{15}K_{15}$, як у 2024 р., так і 2025 р.

Ефективність задіяних норм добрив за статистичними розрахунками показана у форматі табл. 1. Кожна норма добрив забезпечувала окрему статистичну групу. У 2024 р. при внесенні норми добрив $N_{15}P_{15}K_{15}$ порівняно варіанта $N_0P_0K_0$ урожайність зерна збільшилася на 0,558 т/га. За умови варіанта $N_{30}P_{30}K_{30}$ урожайність становила 5,279 т/га, що більше даних варіанта $N_{15}P_{15}K_{15}$ на 0,654 т/га. При вирощуванні ячменю на варіанті удобрення $N_{45}P_{45}K_{45}$ урожайність зерна ячменю порівняно даних варіанта $N_{30}P_{30}K_{30}$ зросла на 0,403 т/га. І на варіанті $N_{60}P_{60}K_{60}$ отримано урожайність зерна 5,880 т/га, де показник більший порівняно варіанта $N_{45}P_{45}K_{45}$ лише на 0,198 т/га.

У 2025 р. закономірність впливу задіяних норм мінеральних добрив на урожайність ячменю була аналогічною. За норми добрив $N_{15}P_{15}K_{15}$ показник порівняно варіанта без внесення добрив збільшився на 0,634 т/га. За норми добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$ урожайність становила 5,902 т/га, що більше порівняно даних варіанта $N_{15}P_{15}K_{15}$ на 0,937 т/га. При внесенні норми добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$ урожайність стала більшою порівняно варіанта $N_{30}P_{30}K_{30}$ – на 0,578 т/га, а при нормі добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$ урожайність на рівні 6,791 т/га була більшою порівняно варіанта $N_{45}P_{45}K_{45}$ – на 0,311 т/га.

За даними досліджень 2026 р. на варіанті без внесення добрив встановлена урожайність зерна ячменю ярого на рівні 4,862 т/га. На варіанті добрив $N_{15}P_{15}K_{15}$ отримано урожайність зерна 6,090 т/га, що більше попереднього варіанта на 1,228 т/га. За наступної норми добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$ вихід зерна з 1 га збільшився на 0,924 /т/га при досягнутому рівні 7,014 т/га. За норми добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$ отримано урожайність зерна ячменю ярого 7,525 т/га, що істотно більше порівняно норми добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$ – на 0,511 т/га. І за норми добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$ отримано урожайність зерна на рівні 7,869 т/га, при порівнянні до даних норми добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$ істотне збільшення продуктивності посіву відбулося лише на 0,344 т/га.

Наступний аналіз даних спрямований на результати досліджень отримані при аналогічних нормах мінеральних добрив, але за дворазового листкового підживлення мікродобривом GelyFLOW під час процесу кущіння рослин. Отримані результати представлені у форматі таблиці 2. Встановлено, що кожна норма добрив забезпечувала також істотне збільшення урожайності зерна ячменю ярого.

У 2024 р. на варіанті без застосування мінеральних добрив урожайність зерна ячменю становила 3,868 т/га. За умови внесення добрив норми $N_{15}P_{15}K_{15}$ урожайність становила 4,425 т/га. Істотна різниця за порівняння

Таблиця 1

Залежність урожайності зерна ячменю ярого від комбінованого впливу мінерального удобрення за триразового листкового підживлення рослин, т/га (тест Дункана)

№	Норма добрив, кг/га д.р.	Рік			Середнє	Гомогенні групи				
		2024	2025	2026		1	2	3	4	5
1	$N_0P_0K_0$	4,067	4,331	4,862	4,420	****				
2	$N_{15}P_{15}K_{15}$	4,625	4,965	6,090	5,227		****			
3	$N_{30}P_{30}K_{30}$	5,279	5,902	7,014	6,065			****		
4	$N_{45}P_{45}K_{45}$	5,682	6,480	7,525	6,562				****	
5	$N_{60}P_{60}K_{60}$	5,880	6,791	7,869	6,847					****

Таблиця 2

Залежність урожайності зерна ячменю ярого від комбінованого впливу мінерального удобрення за дворазового листкового підживлення рослин, т/га (тест Дункана)

№	Норма добрив, кг/га д.р.	Рік			Середнє	Гомогенні групи				
		2024	2025	2026		1	2	3	4	5
1	$N_0P_0K_0$	3,868	4,156	4,653	4,226	****				
2	$N_{15}P_{15}K_{15}$	4,425	4,740	5,811	4,992		****			
3	$N_{30}P_{30}K_{30}$	5,026	5,617	6,702	5,782			****		
4	$N_{45}P_{45}K_{45}$	5,382	6,162	7,210	6,251				****	
5	$N_{60}P_{60}K_{60}$	5,515	6,441	7,515	6,490					****

становила 0,557 т/га. На варіанті удобрення $N_{30}P_{30}K_{30}$ отримано показник 5,026 т/га, що істотно більше попереднього варіанта на 0,601 т/га. При внесенні норми добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$ урожайність зросла на 0,356 т/га порівняно даних отриманих при нормі добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$. І за норми добрив $N_{60}P_{60}K_{60}$ досягнуто рівень урожайності зерна 5,515 т/га, де показник був істотно більшим лише на 0,133 т/га порівняно до даних отриманих на варіанті норми добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$.

У 2025 р. аналогічна закономірність впливу норм мінеральних добрив на урожайність зерна ячменю ярого. За норми добрив $N_{15}P_{15}K_{15}$ досягнутий рівень урожайності становив 4,740 т/га, що більше варіанта без добрив на 0,584 т/га. За умови норми внесення добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$ урожайність зерна ячменю ярого збільшилася на 0,877 т/га порівняно рівня урожайності за варіанта норми внесення $N_{15}P_{15}K_{15}$. Встановлений рівень урожайності зерна на варіанті добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$ становив 6,162 т/га, що більше порівняно попереднього варіанта на 0,545 т/га. І збільшення норми добрив до $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечило істотне збільшення урожайності на 0,279 т/га порівняно даних отриманих при внесенні $N_{45}P_{45}K_{45}$.

У 2026 р. отримано найбільші показники урожайності зерна порівняно даних 2024 та 2025 років. На варіанті $N_0P_0K_0$ отримано урожайність 4,653 т/га. За умови внесення норми добрив $N_{15}P_{15}K_{15}$ урожайність зерна зросла до рівня 5,811 т/га, що більше порівняно варіанта $N_0P_0K_0$ на 1,158 т/га. Подальше збільшення норм внесення мінеральних добрив характеризується меншими приростами урожайності зерна. При нормі внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ урожайність підвищилася на 0,891 т/га порівняно даних варіанта $N_{15}P_{15}K_{15}$. Збільшення удобрення до норми добрив $N_{45}P_{45}K_{45}$ забезпечило підвищення рівня урожайності зерна на 0,508 т/га і збільшення внесення добрив до норми $N_{60}P_{60}K_{60}$ забезпечило підвищення рівня урожайності лише на 0,305 т/га.

Аналіз даних урожайності зерна ячменю ярого представлених в табл. 1 та 2 в порівнянні свідчить про істотно кращі результати за всіх варіантів досліду в процесі вирощування ячменю при триразовому застосуванні мікродобрива GelyFLOW порівняно даних досліду, де за тих самих варіантів внесення мінеральних добрив проводилося дворазове застосування мікродобрива під час вегетації рослин. Встановлено, що триразове листкове підживлення рослин мікродобривом на варіанті $N_0P_0K_0$ забезпечило у 2024 р. збільшення урожайності на 0,199 т/га, у 2025 р. різниця в урожайності становила 0,175 т/га, а у 2026 р. за аналогічного порівняння 0,209 т/га (табл. 3). За умови варіанта удобрення $N_{15}P_{15}K_{15}$ також при триразовому застосуванні мікродобрива GelyFLOW отримано істотно кращі результати. У 2024 р. різниця даних за порівняння становила 0,200 т/га, у 2025 р. – 0,225 т/га і у 2026 р. – 0,279 т/га.

За норми добрив $N_{30}P_{30}K_{30}$ у 2024 р. урожайність зерна за триразового підживлення рослин мікродобривом становила 5,279 т/га і була більшою порівняно даних варіанта дворазового підживлення 5,026 т/га – на 0,253 т/га. У 2025 р. істотна різниця в урожайності становила 0,285 т/га за отриманих даних 5,902 т/га та 5,617 т/га, відповідно. У 2026 р. отримані рівні урожайності відповідно становили 7,014 т/га та 6,702 т/га, які характеризуються істотною різницею більшої кількості вирощеного зерна на 0,312 т зерна з 1 га.

Порівняння отриманих даних відповідно варіанта удобрення $N_{45}P_{45}K_{45}$ у 2024 р. показують, що збільшення урожайності зерна ячменю ярого завдяки третьому застосуванню мікродобрива GelyFLOW перед настанням фази цвітіння забезпечило 0,300 т/га. Різниця за аналогічного порівняння даних отриманих за триразового застосування мікродобрива та дворазового на варіанті удобрення $N_{45}P_{45}K_{45}$ у 2025 р. становила 0,318 т/га, а у 2026 р. – 0,315 т/га.

На варіанті удобрення $N_{60}P_{60}K_{60}$ отримані результати аналогічної закономірності. Агрозахід додаткового третього застосування мікродобрива сприяв збільшенню урожайності зерна, в результаті отримані показники: у 2024 р. – 5,880 т/га, у 2025 р. – 6,791 т/га, і у 2026 р. – на рівні 7,869 т/га. Відповідно зазначених років зростання урожайності зерна становило порівняно варіанта дворазового застосування мікродобрива 0,365 т/га, 0,350 т/га та 0,354 т/га.

Отже, збільшення урожайності зерна ячменю ярого при триразовому листковому підживленні рослин порівняно дворазового забезпечено при підживлені рослин мікродобривом саме за третього його застосування перед настанням фази цвітіння.

Висновки. В результаті проведених досліджень встановлено ефективність внесення мінеральних добрив в комбінації із застосуванням фоліарного добрива гелевої формуляції GelyFLOW 9-44-20 з комплексом мікроелементів на фоні мінерального живлення $N_{30}P_{30}$ за впливом формування урожайності зерна ячменю ярого в процесі вирощування культури на темно-сірих опідзолених ґрунтах в умовах Західного Лісостепу України.

Таблиця 3

Залежність урожайності ячменю ярого від кратності застосування листкового підживлення рослин мікродобривом GelyFLOW 9-44-20, т/га

Варіант добрив	Листкове підживлення	Рік			Середнє	Гомогенні групи	
		2024	2025	2026		1	2
$N_0P_0K_0$	дворазове	3,868	4,156	4,653	4,226	****	
	триразове	4,067	4,331	4,862	4,420		****
$N_{15}P_{15}K_{15}$	дворазове	4,425	4,740	5,811	4,992	****	
	триразове	4,625	4,965	6,090	5,227		****
$N_{30}P_{30}K_{30}$	дворазове	5,026	5,617	6,702	5,782	****	
	триразове	5,279	5,902	7,014	6,065		****
$N_{45}P_{45}K_{45}$	дворазове	5,382	6,162	7,210	6,251	****	
	триразове	5,682	6,480	7,525	6,562		****
$N_{60}P_{60}K_{60}$	дворазове	5,515	6,441	7,515	6,490	****	
	триразове	5,880	6,791	7,869	6,847		****

В середньому за три роки досліджень (2024–2026 рр.) на варіантах $N_0P_0K_0$; $N_{15}P_{15}K_{15}$; $N_{30}P_{30}K_{30}$; $N_{45}P_{45}K_{45}$; $N_{60}P_{60}K_{60}$ при застосуванні триразового листкового підживлення рослин на початку процесу кущіння при настанні 3–4 розвинутих листків, другий раз – через 15 днів після першого, третій раз – перед настанням фази цвітіння отримано високі показники урожайності зерна, які відповідно порядку варіантів досліду становлять 4,420 < 5,227 < 6,065 < 6,562 < 6,847 т/га. Отримані результати досліджень за збільшення норми внесення мінеральних добрив на $N_{15}P_{15}K_{15}$ при триразовому листковому підживленні рослин добривом GelyFLOW 9-44-20 забезпечувало закономірно щорічно істотне підвищення урожайності зерна ячменю.

За аналогічних варіантів досліду $N_0P_0K_0$; $N_{15}P_{15}K_{15}$; $N_{30}P_{30}K_{30}$; $N_{45}P_{45}K_{45}$; $N_{60}P_{60}K_{60}$ при дворазовому листковому підживленні рослин ячменю ярого добривом GelyFLOW лише під час процесу кущіння встановлене також щорічне достовірне підвищення продуктивності посівів при збільшенні норми добрив на $N_{15}P_{15}K_{15}$, що стверджується відповідно отриманими даними 4,226 < 4,992 < 5,782 <6,251 < 6,490 т/га, але за менших рівнів урожайності зерна.

За результатом статистичного аналізу порівняння даних експерименту триразового та дворазового листкового підживлення рослин добривом GelyFLOW встановлено в роки досліджень на всіх варіантах досліду показники меншої урожайності за дворазового застосування фоліарного добрива. В середньому істотна різниця становила за порядком зазначених вище варіантів внесення мінеральних добрив 0,194; 0,235; 0,283; 0,311; 0,357 т/га. Такий результат засвідчує про ефективність впливу третього технологічного прийому листкового підживлення ячменю добривом GelyFLOW 9-44-20 перед настанням фази цвітіння на підвищення продуктивності рослин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. 5-е вид., виправ., доповн., додат. вип. Львів: НВФ «Українські технології», 2022. 808 с.
2. Kramer S.N. History begins at Sumer. New York: Doubleday Anchor Books, Doubleday & Co., Inc., 1959. 247 pp.
3. Черно О.Д., Усатюк О.В. Урожайність соняшнику залежно від удобрення. *Аграрні інновації*. 2025. № 33. С. 290–294. DOI: 10.32848/agrar.innov.2025.33.51
4. Сікора А.Г. Урожайність зерна пшениці ярої залежно від впливу норм мінеральних добрив за різних строків сівби. *Аграрні інновації*. 2025. № 33. С. 246–249. DOI: 10.32848/agrar.innov.2025.33.41
5. Свинар М.М. Залежність вмісту клейковини в зерні пшениці озимої від впливу мінеральних добрив та норм висіву насіння. *Аграрні інновації*. 2025. № 34. С. 154–157. DOI: 10.32848/agrar.innov.2025.34.22
6. Рожко І.І., Кулик М.І., Коваль Д.О. Урожайність зерна пшениці озимої м'якої за оптимізації елементів технології вирощування в умовах Лісостепу України. *Аграрні інновації*. 2026. № 35. С. 276–285. DOI: 10.32848/agrar.innov.2026.35.40
7. Марініч Л.Г., Лень О.І., Кобилинська О.М. Формування продуктивності пшениці озимої м'якої залежно від технології вирощування в умовах лівобережного Лісостепу. *Аграрні інновації*. 2026. № 35. С. 190–195. DOI: 10.32848/agrar.innov.2026.35.28
8. Бурикіна С.І., Ужевська С.П., Сергєєв Л.А., Жук М.М. Попередники, удобрення, погода як фактори впливу на якість зерна пшениці озимої. *Аграрні інновації*. 2026. № 35. С. 28–35. DOI: 10.32848/agrar.innov.2026.35.4
9. Лихочвор В.В., Бомба М.І. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур в умовах Західного Лісостепу. Львів: НВФ «Українські технології», 2022. 412 с.
10. Любич В.В., Сулима А.С. Показники росту рослин ячменю озимого залежно від удобрення та застосування регулятора росту. *Аграрні інновації*. 2025. № 33. С. 195–201. DOI: 10.32848/agrar.innov.2025.33.30
11. Кочерга О.Л., Позняк В.В Формування продуктивності ячменя ярого за впливом мікродобрив. *Аграрні інновації*. 2026. № 35. С. 132–138. DOI: 10.32848/agrar.innov.2026.35.20
12. Любич В.В., Остапчук В.В. Формування продуктивності тритикале озимого різних доз азотних добрив, позакореневого підживлення та сеникації. *Збірник наукових праць Уманського національного університету*. 2025. Вип. 106, ч. 1. С. 10–18. DOI: 10.32782/2415-8240-2025-106-1-10-18

13. Цвіронь М.П., Шувар І.А. Оптимізація елементів технології вирощування ячменю ярого на темно-сірих опідзолених ґрунтах Західного регіону України. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2024. Т. 5, № 2. С. 112–120.
14. Вега Н.І., Лопушняк В.І. Ефективність застосування мінеральних добрив та препаратів органічного походження за вирощування ячменю ярого на темно-сірому опідзоленому ґрунті Західного Лісостепу України. *Вісник Львівського національного аграрного університету: серія «Агрономія»*. 2014. Вип. 18. С. 98–104.
15. Фурман В.М., Ткачук С.О., Солодка Т.М., Мороз О.С. Реакція сортів ячменю ярого в разі застосування розрахункових норм мінеральних добрив на темно-сірих опідзолених ґрунтах в умовах Західного Лісостепу України. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2019. Вип. 110 (1). С. 188–197.
16. Веремеєнко С.І., Ткачук С.О., Трушева С.С. Вплив мікродобрив та регуляторів росту рослин на врожайність та якість зерна ячменю ярого. *Наукові горизонти.* 2020. № 01 (86). С. 14–21. DOI: 0.33249/2663-2144-2020-86-1-14-21
17. Морозова Т.В., Мудрак О.В. Біомоніторинг агроекосистем: виклики та перспективи. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2024. Вип. 3 (107). С. 160–172. DOI: https://doi.org/10.31713/vs3202412
18. Дем'янюк О.С., Полтава О.П. Позакореневе підживлення як ефективний спосіб підвищення продуктивності сільськогосподарських культур. *Агроекологічний журнал*. 2025. № 4. С. 143–150. DOI: 10.33730/2077-4893.4.2025.345451
19. Жуйков О Г., Давиденко І.А. Позакореневе підживлення кукурудзи мікродобривами – дієвий елемент технології чи «тренд»? *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2024. № 136, ч. 1. С. 116–124. DOI: 10.32782/2226-0099.2024.136.1.16.
20. Мусич О.Г., Зубко О.В., Душко П.М. Позакореневе живлення рослин: актуальність, потреби, виконання завдань. *Агроекологічний журнал*. 2024. № 2. С. 155–165. DOI: 10.33730/2077-4893.2.2024.305675
21. Киричок О.О. Вплив мінерального живлення та системи захисту посівів на урожайність ячменю ярого. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2026. Вип. 149, ч. 1. С. 166–172. DOI: 10.32782/2226-0099.2026.149.1.18
22. Климишена Р.І. Вплив позакореневого підживлення рослин ячменю на пивоварну якість зерна за показником екстрактивності. *Аграрні інновації*. 2021. № 6. С. 16–20. DOI: 10.32848/agrar.innov.2021.6.3
23. Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ: Українська академія аграрних наук, 2007. 55 с.

REFERENCES:

1. Petrychenko, V.F., & Lykhochvor, V.V. (2022). Roslynnytstvo. Novi tekhnolohii vyroshchuvannia polovykh kultur: pidruchnyk. 5-e vyd., vyprav., dopovn., dodat. vyp. [New Technologies for Growing Field Crops: A Textbook]. Lviv: NVF «Ukrainski tekhnolohii», 808. [in Ukrainian].
2. Kramer, S.N. (1959). History begins at Sumer. New York: Doubleday Anchor Books, Doubleday & Co., Inc., 247.
3. Cherno, O.D., & Usatiuk, O.V. (2025). Urozhainist soniashnyku zalezhno vid udobrennia [Sunflower Yield Depending on Fertilization]. Ahrarni innovatsii, 33, 290–294. [in Ukrainian].
4. Sikora, A.H. (2025). Urozhainist zerna pshenytsi yaroi zalezhno vid vplyvu norm mineralnykh dobryv za riznykh strokiv sivby [Grain Yield of Spring Wheat Depending on the Rates of Mineral Fertilizers under Different Sowing Dates]. Ahrarni innovatsii, 33, 246–249. [in Ukrainian].
5. Svynar, M.M. (2025). Zalezhnist vmistu kleikovyny v zerni pshenytsi ozymoi vid vplyvu mineralnykh dobryv ta norm vysivu nasinnia [Dependence of gluten content in winter wheat grain on the effect of mineral fertilizers and seeding rates]. Ahrarni innovatsii, 34, 154–157. [in Ukrainian].
6. Rozhko, I.I., Kulyk, M.I., & Koval, D.O. (2026). Urozhainist zerna pshenytsi ozymoi miakoi za optymizatsii elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia v umovakh Lisostepu Ukrainy [Grain Yield of Soft Winter Wheat Under Optimization of Cultivation Technology Elements in the Conditions of the Forest-Steppe of Ukraine]. Ahrarni innovatsii, 35, 276–285. [in Ukrainian].
7. Marinich, L.H., Len, O.I., & Kobylynska, O.M. (2026). Formuvannia produktyvnosti pshenytsi ozymoi miakoi zalezhno vid tekhnolohii vyroshchuvannia v umovakh livoberezhnoho Lisostepu [Formation of Productivity of Soft Winter Wheat Depending on the Cultivation Technology in the Conditions of the Left Bank Forest-Steppe]. Ahrarni innovatsii, 35, 190–195. [in Ukrainian].
8. Burykina, S.I., Uzhevska, S.P., Serhieiev. L.A., & Zhuk M.M. (2026). Poperednyky, udobrennia, pohoda yak faktory vplyvu na yakist zerna pshenytsi ozymoi [Precursors, fertilizers, weather as factors influencing the quality of winter wheat grain]. Ahrarni innovatsii, 35, 28–35. [in Ukrainian].
9. Lykhochvor, V.V., & Bomba, M.I. (2022). Roslynnytstvo. Tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur v umovakh Zakhidnoho Lisostepu [Plant Production. Technologies for Growing Agricultural Crops in the Conditions of the Western Forest-Steppe]. Lviv: NVF «Ukrainski tekhnolohii», 412. [in Ukrainian].
10. Liubych, V.V., & Sulyma, A.S. (2025). Pokaznyky rostu roslyn yachmeniu ozymoho zalezhno vid udobrennia ta zastosuvannia rehuliatora rostu [Growth indicators of winter barley plants depending on fertilization and growth regulator application]. Ahrarni innovatsii, 33, 195–201. [in Ukrainian].
11. Kocherha, O.L., & Pozniak, V.V. (2026). Formuvannia produktyvnosti yachmenia yaroho za vplyvom mikrodobryv [Formation of spring barley productivity under the influence of micronutrient fertilizers]. Ahrarni innovatsii, 35, 132–138. [in Ukrainian].
12. Liubych, V.V., & Ostapchuk, V.V. (2025). Formuvannia produktyvnosti trytykale ozymoho riznykh doz azotnykh dobryv, pozakorenevoho pidzhyvlennia ta senykatsii [Technological Properties and Yield of Different Winter Soft Wheat Varieties Depending on Preceding Crops]. Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu, 106(1), 10–18. [in Ukrainian].
13. Tsviron, M.P., & Shuvar I.A. (2024). Optymizatsiia elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia yachmeniu yaroho na temno-sirykh opidzolenykh gruntakh Zakhidnoho rehionu Ukrainy [Optimization of Elements of Spring Barley Cultivation Technology on Dark Gray Podzolic Soils of the Western Region of Ukraine]. Zemlerobstvo

ta roslynnytstvo: teoriia i praktyka, 5(2), 112–120. [in Ukrainian].
14. Veha, N.I., & Lopushniak, V.I. (2014). Efektyvnist zastosuvannia mineralnykh dobryv ta preparativ orhanichnoho pokhodzhennia za vyroshchuvannia yachmeniu yaroho na temno-siromu opidzolenomu grunti Zakhidnoho Lisostepu Ukrainy [Efficiency of Using Mineral Fertilizers and Organic Preparations for Spring Barley Cultivation on Dark Gray Podzolic Soil of the Western Forest-Steppe of Ukraine]. Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu: seriia «Ahronomiia», 18, 98–104. [in Ukrainian].
15. Furman, V.M., Tkachuk, S.O., Solodka, T.M., & Moroz, O.S. (2019). Reaktsiia sortiv yachmeniu yaroho v razi zastosuvannia rozrakhunkovykh norm mineralnykh dobryv na temno-sirykh opidzolenykh gruntakh v umovakh Zakhidnoho Lisostepu Ukrainy [Response of Spring Barley Varieties to the Application of Calculated Mineral Fertilizer Rates on Dark Gray Podzolic Soils under the Conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine]. Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo, 110 (1), 188–197. [in Ukrainian].
16. Veremeenko, S., Tkachuk, S., & Trusheva, S. (2020). Vplyv mikrodobryv ta rehuliatoriv rostu roslyn na vrozhainist ta yakist zerna yachmeniu yaroho [The influence of microfertilizers and plant growth regulators on the yield and grain quality of spring barley]. Naukovi horyzonty, 01 (86), 14–21. [in Ukrainian].
17. Morozova, T.V., & Mudrak, O.V. (2024). Biomonitorynh ahroekosystem: vyklyky ta perspektyvy [Biomonitoring of Agroecosystems: Challenges and Prospects]. Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia, 3(107), 160–172. [in Ukrainian].
18. Demianiuk, O.S., & Poltava, O.P. (2025). Pozakoreneve pidzhyvlennia yak efektyvnyi sposib pidvyshchennia produktyvnosti silskohospodarskykh kultur [Foliar Feeding as an Effective Method for Increasing Crop Productivity]. Ahroekolohichnyi zhurnal, 4, 143–150. [in Ukrainian].
19. Zhuikov, O.H., & Davydenko, I.A. (2024). Pozakoreneve pidzhyvlennia kukurudzy mikrodobryvamy – diievyi element tekhnolohii chy «trend»? [Foliar feeding of corn with microfertilizers – an effective element of technology or a “trend”?]. Tavriiskyi naukovyi visnyk, 136(1), 116–124. [in Ukrainian].
20. Musych, O.H., Zubko, O.V., & Dushko P.M. (2024). Pozakoreneve zhyvlennia roslyn: aktualnist, potreby, vykonannia zavdan [Foliar Plant Nutrition: Relevance, Needs, and Task Execution]. Ahroekolohichnyi zhurnal, 2, 155–165. [in Ukrainian].
21. Kyrychok, O.O. (2026). Vplyv mineralnoho zhyvlennia ta systemy zakhystu posiviv na urozhainist yachmeniu yaroho [Influence of Mineral Nutrition and Crop Protection System on Spring Barley Yield]. Tavriiskyi naukovyi visnyk, 149(1), 166–172. [in Ukrainian].
22. Klymyshena, R.I. (2021). Vplyv pozakorenevoho pidzhyvlennia roslyn yachmeniu na pyvovarnu yakist zerna za pokaznykom ekstraktyvnosti [Influence of foliar nutrition of barley plants on brewing quality of grain by extractivity indicator]. Ahrarni innovatsii, 6, 16–20. [in Ukrainian].
23. Ermantraut, E.R., Prysiazhniuk, O.I., & Shevchenko, I.L. (2007). Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi Statistica 6.0 [Statistical analysis of agronomic research data in the Statistica 6.0 package]. Kyiv: Ukrainska akademiia ahrarnykh nauk, 55. [in Ukrainian].

Гораш В.О. Вплив внесення мінеральних добрив в комбінації з листковим підживленням рослин ячменю ярого на урожайність зерна

Мета. Встановити вплив мінерального удобрення в комбінації з позакореневим підживленням рослин добривом «GelyFLOW» на урожайність зерна ячменю ярого в процесі вирощування на темно-сірому опідзоленому ґрунті. Оцінити ефективність триразового порівняно до дворазового застосування листкового підживлення рослин ячменю за результатами урожайності зерна. **Методи:** польовий, аналітичний, статистичний, узагальнення. **Результати.** Організованими дослідженнями на темно-сірих опідзолених ґрунтах в умовах Західного Лісостепу при вирощуванні сорту ячменю ярого Сєбастьян на підставі отриманих даних доведено ефективність внесення мінеральних добрив в комбінації з листковим підживленням рослин висококонцентрованим рідким комплексним NPK-добривом гелевої формуляції, GelyFLOW 9-44-20 з набором мікроелементів B, Cu, Mn, Zn, Fe збалансованої концентрації на процеси формування урожайності зерна. Відповідно варіантів $N_0P_0K_0$; $N_{15}P_{15}K_{15}$; $N_{30}P_{30}K_{30}$; $N_{45}P_{45}K_{45}$; $N_{60}P_{60}K_{60}$ встановлені достовірно більші показники при збільшенні норми добрив: за триразового листкового підживлення рослин – 4,420 < 5,227 < 6,065 < 6,562 < 6,847 т/га та за дворазового листкового підживлення рослин відповідно – 4,226 < 4,992 < 5,782 < 6,251 < 6,490 т/га. Доведено ефективність триразового листкового підживлення рослин ячменю ярого під час вегетації (третє перед настанням фази цвітіння) порівняно до дворазового лише під час фази кущіння за впливом на істотне підвищення рівня урожайності зерна. Відповідно порядку варіантів досліду за порівняння встановлені різницеві показники 0,194; 0,235; 0,283; 0,311; 0,357 т/га. **Висновки**. Внесення мінеральних добрив при вирощуванні ячменю ярого на темно-сірих опідзолених ґрунтах в комбінації із застосуванням листкового підживлення рослин висококонцентрованим добривом GelyFLOW 9-44-20 істотно забезпечує вплив на посилення реалізації потенціала продуктивності культури.

Ключові слова: ячмінь ярий, урожайність зерна, норми мінеральних добрив, листкове підживлення, добриво GelyFLOW.

Horash V.O. Effect of Mineral Fertilizer Application in Combination with Foliar Feeding of Spring Barley Plants on Grain Yield

Purpose. To determine the effect of mineral fertilization in combination with foliar application of the «GelyFLOW» fertilizer on the grain yield of spring barley grown on dark-gray podzolic soil. To evaluate the effectiveness of three-time compared with two-time foliar application of fertilizers to barley plants based on grain yield. **Methods:** field, analytical, statistical, and generalization methods. **Results.** The conducted studies on dark-gray podzolic soils under the conditions of the Western Forest-Steppe, using the spring barley cultivar Sebastian, demonstrated the effectiveness of mineral fertilizer application in combination with foliar feeding of plants with the highly concentrated liquid complex NPK fertilizer of gel formulation, GelyFLOW 9-44-20, containing a set of micronutrients (B, Cu, Mn, Zn, Fe) in balanced concentrations, in enhancing grain yield formation. For the experimental variants $N_0P_0K_0$; $N_{15}P_{15}K_{15}$; $N_{30}P_{30}K_{30}$; $N_{45}P_{45}K_{45}$; $N_{60}P_{60}K_{60}$, significantly higher grain yield values were established with increasing fertilizer rates: under three-time foliar feeding – 4.420 < 5.227 < 6.065 < 6.562 < 6.847 t/ha, and under two-time foliar feeding, respectively – 4.226 < 4.992 <

5.782 < 6.251 < 6.490 t/ha. The effectiveness of three-time foliar feeding of spring barley during the growing season (with the third application before the onset of the flowering phase) compared with two-time foliar feeding performed only during the tillering phase was demonstrated, as evidenced by a significant increase in grain yield. According to the order of the experimental variants, the differences in grain yield between the three-time and two-time foliar feeding treatments were 0.194; 0.235; 0.283; 0.311; and 0.354 t/ha, respectively. **Conclusions.** The application of mineral fertilizers in spring barley cultivation on dark-gray podzolic soils, in combination with foliar feeding with the highly concentrated fertilizer GelyFLOW 9-44-20, significantly enhances the realization of the crop's yield potential.

Key words: spring barley, grain yield, mineral fertilizer rates, foliar feeding, GelyFLOW fertilizer.

Дата першого надходження статті до видання: 01.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 633.34:631.153.3
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.6

ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ NO-TILL

ГУРМАН Я.В. – студент
orcid.org/0009-0000-6805-2921
Вінницький національний технічний університет

Постановка проблеми. В умовах сучасних змін клімату та зростання дефіциту ґрунтової вологи особливого значення набуває пошук ресурсозберігаючих технологій вирощування сої, серед яких перспективним є застосування системи No-till. Відмова від механічного обробітку ґрунту та збереження рослинних решток на його поверхні сприяють регулюванню водного і температурного режимів ґрунту, однак водночас змінюють умови проростання насіння, формування кореневої системи та функціонування симбіотичного апарату сої [1-3].

Незважаючи на значну кількість досліджень щодо ефективності No-till, результати вивчення продуктивності сої за цієї системи залишаються неоднозначними та значною мірою залежать від ґрунтово-кліматичних умов, попередника, сортових особливостей і рівня технологічного забезпечення. Особливо актуальним є визначення чинників, які забезпечують стабільне формування врожайності сої за нестабільного зволоження та підвищеної температури впродовж вегетаційного періоду.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) належить до числа провідних зернобобових культур вітчизняного та світового землеробства, продуктивність якої значною мірою визначається умовами водозабезпечення, станом ґрунту та ефективністю симбіотичної азотфіксації [4]. У сучасних системах землеробства дедалі більшого поширення набувають ресурсозберігаючі технології, зокрема No-till, які передбачають відмову від механічного обробітку ґрунту, збереження рослинних решток на його поверхні та мінімізацію порушення ґрунтового середовища [5]. Дослідники розглядають таку систему не лише як спосіб зниження енергетичних витрат, а й як інструмент регулювання водного режиму, ерозійних процесів, ґрунтової біологічної активності та стабільності продуктивності культур [6].

Однією з найбільш виражених переваг No-till вважається збереження ґрунтової вологи [7-8]. Рослинні рештки, що залишаються на поверхні поля, виконують роль мульчі, зменшуючи пряме випаровування води та амплітуду температурних коливань у верхньому шарі ґрунту [9-10]. Водночас результати окремих досліджень свідчать, що реакція ґрунту та рослин на відмову від обробітку не є однозначною і залежить від клімату, типу ґрунту, кількості опадів, тривалості застосування системи та особливостей управління рослинними рештками. У дослідженнях із соєю No-till забезпечував кращу водопродуктивність за посушливих умов і зменшував втрати води через випаровування завдяки наявності рослинного покриву на поверхні ґрунту.

Сучасні дослідження також демонструють, що ефект No-till на гідротермічний режим може бути особливо помітним у регіонах із нестабільним зволоженням [10-11]. Метааналіз для соєвих агроценозів показав, що консерваційні системи здатні підвищувати вміст води у ґрунті та знижувати температуру його поверхневого шару. Водночас результати залежать від поєднання способу обробітку з мульчуванням та іншими елементами технології [2-3].

Окрему увагу дослідники приділяють технологічним обмеженням No-till. Відсутність механічного обробітку підвищує значення контролю бур'янів, правильного розподілу пожнивних решток, точності висіву та якості контакту насіння з ґрунтом. За прямого посіву особливо важливо забезпечити рівномірне загортання насіння та оптимальну густоту стояння рослин. Крім того, тривале застосування No-till за несприятливих умов може сприяти ущільненню окремих шарів ґрунту або зміні його кислотності, що потенційно негативно впливає на функціонування симбіотичної системи.

Таким чином, аналіз сучасних публікацій свідчить, що No-till є перспективною системою вирощування сої, особливо в умовах нестабільного та дефіцитного зволоження, проте її ефективність визначається комплексом взаємопов'язаних факторів. Позитивний вплив збереження рослинних решток, покращення водного режиму та активізації ґрунтових біологічних процесів не завжди автоматично трансформується у підвищення врожайності. Саме тому недостатньо вивченим залишається питання комплексної взаємодії No-till, гідротермічних умов, сортових особливостей сої та біологізації технології, що визначає необхідність проведення регіональних досліджень для встановлення найбільш адаптованих технологічних рішень

Метою дослідження було обґрунтувати особливості вирощування сої за технологією No-till залежно від основних технологічних чинників.

Для досягнення поставленої мети передбачалося оцінити вплив системи No-till на ріст і розвиток рослин сої, а також визначити найбільш ефективні технологічні прийоми, що забезпечують стабільну продуктивність культури за мінливих погодних умов.

Матеріали та методика досліджень. У процесі дослідження аналізували основні технологічні елементи No-till: відмову від механічного обробітку ґрунту,

© Гурман Я.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Таблиця 1

Оцінка ефективності технології No-till у вирощуванні сої [2-3]

Показник	Україна	США
Період оцінювання	2021–2024 рр.	1998–2023 рр.
Урожайність сої за No-till, т/га	2,84	3,56
Урожайність за традиційного обробітку, т/га	3,10	3,34
Різниця урожайності No-till, %	-8,4	+6,59
Економія витрати ПММ, л/га	22	25

Таблиця 2

Запаси продуктивної вологи в ґрунті за різних систем обробітку під сою в умовах Лісостепу правобережного

Фаза розвитку	Шар ґрунту, см	Традиційний обробіток, мм	No-till, мм	Відхилення No-till, %
Сходи	0-30	40	42	+5,0
	0-50	70	75	+7,1
	0-100	147	159	+8,2
Дозрівання	0-30	15	17	+13,3
	0-50	22	18	-18,2
	0-100	33	40	+25,0

збереження рослинних решток на поверхні, прямий висів насіння, систему удобрення та захисту посівів від бур'янів. Враховували погодні умови вегетаційного періоду, стан ґрунтового покриву, проходження основних фаз розвитку рослин, формування листкової поверхні та елементів структури врожаю.

Результати досліджень. No-till є одним із компонентів ширшої системи консерваційного землеробства, яка за визначенням FAO поєднує мінімальне порушення ґрунту, постійне покриття поверхні та диверсифікацію культур. Аналіз практики застосування No-till свідчить про значне поширення цієї технології у світовому землеробстві, особливо в соєвих сівозмінах Північної та Південної Америки. В Україні технологія також набуває поширення, проте її ефективність значною мірою визначається ґрунтово-кліматичними умовами, системою контролю бур'янів, управлінням рослинними рештками та забезпеченням рівномірного прямого висіву. Тому адаптація No-till до умов Правобережного Лісостепу потребує комплексного оцінювання не лише урожайності сої, а й водного режиму ґрунту, стану посівів, формування листкового апарату та структурних компонентів урожаю.

Аналіз наведених даних свідчить про різну реакцію сої на технологію No-till залежно від ґрунтово-кліматичних умов регіону (табл. 1).

В Україні за No-till урожайність становила 2,84 т/га проти 3,10 т/га за традиційного обробітку, що відповідає зниженню на 8,4%, тоді як у США отримано 3,56 т/га за No-till проти 3,34 т/га за традиційної технології, тобто приріст становив 6,59%. Водночас застосування No-till в обох країнах супроводжувалося ресурсозбереженням: економія витрат паливно-мастильних матеріалів становила 22 л/га в Україні та 25 л/га у США. Отже, наведені результати підтверджують, що ефективність No-till визначається регіональними умовами, але в обох випадках технологія має виражений ресурсозберігаючий потенціал.

Отримані дані свідчать про перевагу No-till щодо збереження продуктивної вологи, особливо у глибших шарах ґрунту. На початку вегетації за прямої сівби запаси продуктивної вологи в шарі 0-100 см становили 159 мм проти 147 мм за традиційної оранки, тобто були вищими на 8,2%. До фази дозрівання перевага No-till зростала: у метровому шарі запас продуктивної вологи становив 40 мм, що відповідає приросту 25,0%

Висновки. Аналіз сучасних наукових джерел та виробничого досвіду засвідчив, що технологія No-till є перспективним ресурсозберігаючим напрямом вирощування сої, особливо в умовах нестабільного зволоження Правобережного Лісостепу України. Відмова від механічного обробітку ґрунту, збереження рослинних решток на його поверхні та прямий висів сприяють зменшенню випаровування, збереженню продуктивної вологи й скороченню витрат паливно-мастильних матеріалів. Водночас ефективність технології залежить від погодних умов, стану ґрунту, кількості та рівномірності розподілу пожнивних решток, системи контролю бур'янів і якості проведення сівби. Порівняльний аналіз показав відмінну реакцію сої на No-till у різних регіонах. В умовах Правобережного Лісостепу урожайність за No-till становила 2,84 т/га, що на 8,4% менше порівняно з традиційним обробітком (3,10 т/га), проте економія ПММ досягала 22 л/га. У США, навпаки, урожайність за No-till була 3,56 т/га проти 3,34 т/га за традиційної технології, тобто перевищувала її на 6,59%, при економії близько 25 л/га. Отже, No-till доцільно розглядати не як універсальну альтернативу традиційному обробітку, а як адаптивну технологічну систему, ефективність якої визначається комплексом ґрунтово-кліматичних і технологічних чинників. Умовою її успішного застосування в Правобережному Лісостепу є оптимізація системи удобрення, захисту рослин, управління пожнивними рештками та строків прямого висіву сої.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Коробко А. А. Формування продуктивності сої залежно від передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень в умовах Правобічного Лісостепу: дис. … д-ра філософії: 201 – Агрономія. Вінниця: Вінницький національний аграрний уні-верситет. 2025. URL: https://vsau.org/assets/images/general/nauka/razovi-radu/dysertatsiia-Korobko-AA.pdf (дата звернення: 05.04.2026)
2. Food and Agriculture Organization (FAO). FAOSTAT Statistical Database. Rome: FAO, 2025. URL: https://www.fao.org/faostat (дата звернення: 07.05.2026).
3. Державна служба статистики України. Статистичний збірник. Київ: ДССУ, 2025. URL:https://www.ukrstat.gov.ua/ (дата звернення: 29.10.2025)
4. FAO. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2025. Rome. 2025. Режим доступу: https://doi.org/10.4060/cd4313en (дата звернення: 10.11.2025)
5. Панцирева Г.В. Розробка біоорганічної технології вирощування сільськогосподарських культур за використання біодобрив, позакореневих підживлень та фізіологічно-активних речовин. *Аграрні інновації.* 2025. № 29. С. 101-106. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.17
6. 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-No 2-2024.pdf (дата звернення: 05.04.2026).
7. 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
8. Tymoshchuk T., Kotelnytska 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
9. 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. No 37. С. 26-31. DOI: https://doi.org/10.37406/2706-9052-2022-2-4.
10. Кобак С. Я. Якісна інокуляція – перший крок до високого врожаю. Агрономія сьогодні. 2016. No 1-2. С. 53–55.7.
11. Дідур І.М., Циганський В.І. Вплив мікоризації насіння та ґрунтового біодобрива на формування індивідуальної продуктивності рослин сої. Сільське господарство та лісівництво. 2023. No 31. С. 5-15. DOI:10.37128/2707-5826-2023-4-1

REFERENCES:

1. Korobko, A. A. (2025). Formuvannia produktyvnosti soi zalezhno vid peredposivnoi obrobky nasinnia ta pozakorenevykh pidzhyvlen v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu [Formation of soybean productivity depend-ing 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/razo-vi-radu/dysertat-siia-Korobko-AA.pdf [in Ukrainian].
2. Food and Agriculture Organization (FAO) (2025), FAOSTAT Statistical Database, FAO, Rome, available at: https://www.fao.org/faostat (Accessed 07 May 2026).
3. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy (2025), Statystychnyi zbirnyk [Statistical collection], DSSU, Kyiv, available at: https://www.ukrstat.gov.ua/ (Accessed 29 October 2025). [in Ukrainian]
4. FAO (2025), World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2025, Rome, available at: https://doi.org/10.4060/cd4313en (Accessed 10 November 2025).
5. Pantsyreva H.V. (2025) Rozrobka bioorhanichnoi tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur za vykorystannia biodobryv, pozakorenevykh pidzhyvlen ta fiziolohichno-aktyvnykh rechovyn [Development of bioorganic technology for growing agricultural crops using biofertilizers, foliar feeding and physiologically active substances]. Ahrarni innovatsii. № 29. S. 101-106 [in Ukrainian].
6. 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 fertili-zation, 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-con-tent/uploads/2025/03/zemlerobstvo-No 2-2024.pdf [in Ukrainian]
7. 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.
8. Tymoshch T., Kotelnytsk H., Gurmanc O., Serba I., Yurchyk R., ShchuO. (2020). Control of caus-ative 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
9. Kryzhanivskyi M.V., Bakhmat O.M. (2022) Produktyvnist soi zalezhno vid zastosuvannia orhan-ichnykh dobryv, inokuliatsii nasinnia ta rehuliatoriv rostu roslyn [Soybean productivity depending on the application of organic fertilizers, seed inoculation and plant growth regulators]. Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika. No 37. S. 26-31. DOI: https://doi.org/10.37406/2706-9052-2022-2-4. [in Ukrainian].
10. Kobak S. Ya. (2016) Yakisna inokuliatsiia – pershyi krok do vysokoho vrozhaiu [High–quality inoculation is the first step to a high yield]. Ahronomiia sohodni. No 1–2. S. 53–55. [in Ukrainian].
11. 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 for-mation of individual productivity of soybean plants]. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo. No 31. S. 5-15. DOI:10.37128/2707-5826-2023-4-1. [in Ukrainian].

Гурман Я.В. Особливості вирощування сої за технологією No-till

У статті узагальнено сучасні наукові підходи та виробничий досвід щодо особливостей вирощування сої за технологією No-till в умовах України та провідних соєвих регіонів світу. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю адаптації технологій виробництва сої до нестабільного гідротермічного режиму, дефіциту ґрунтової вологи, зростання вартості матеріально-технічних ресурсів та необхідності збереження родючості ґрунтів. Метою роботи було проаналізувати особливості функціонування системи No-till у вирощуванні сої, оцінити її вплив на водний режим ґрунту, продуктивність культури та ресурсозбереження, а також визначити перспективи застосування технології в умовах Правобережного Лісостепу України. У процесі дослідження проаналізовано основні технологічні елементи No-till, зокрема відмову від механічного обробітку ґрунту, збереження пожнивних решток на поверхні, прямий висів насіння, особливості удобрення та систему контролю бур'янів. Встановлено, що важливою перевагою технології є здатність зберігати ґрунтову вологу за рахунок мульчувального ефекту рослинних решток. За даними досліджень у зоні Лісостепу, за No-till запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на початку вегетації досягали 159 мм проти 147 мм за традиційного обробітку, а наприкінці вегетації – 40 та 32 мм відповідно. Порівняння виробничих показників засвідчило регіональну специфіку ефективності технології. У Правобережному Лісостепу України урожайність сої за No-till становила 2,84 т/га, тоді як за традиційного обробітку – 3,10 т/га. Незважаючи на зниження урожайності на 8,4%, застосування No-till забезпечувало економію паливно-мастильних матеріалів на 22 л/га. У США, навпаки, урожайність сої за No-till становила 3,56 т/га, що на 6,59 % перевищувало показник традиційної технології (3,34 т/га), при економії близько 25 л/га. Отже, ефективність No-till визначається не лише способом обробітку ґрунту, а комплексною взаємодією гідротермічних умов, властивостей ґрунту, системи сівозміни, управління рослинними рештками, контролю бур'янів та особливостей сорту. Для умов Правобережного Лісостепу технологія має значний потенціал як ресурсозберігаюча та адаптивна система виробництва сої, однак потребує регіонального технологічного налаштування для забезпечення стабільної продуктивності культури.

Ключові слова: соя, No-till, прямий посів, ґрунт, продуктивна волога, урожайність, ресурсозбереження, рослинні рештки, Лісостеп правобережний.

Gurman Ya.V. Features of soybean cultivation using No-till technology

The article summarizes modern scientific approaches and production experience regarding the features of soybean cultivation using No-till technology in the conditions of Ukraine and the leading soybean regions of the world. The relevance of the study is due to the need to adapt soybean production technologies to the unstable hydrothermal regime, soil moisture deficit, increasing cost of material and technical resources and the need to preserve soil fertility. The aim of the work was to analyze the features of the No-till system in soybean cultivation, assess its impact on the soil water regime, crop productivity and resource conservation, as well as determine the prospects for applying the technology in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. In the course of the study, the main technological elements of No-till were analyzed, in particular, the rejection of mechanical tillage, the preservation of crop residues on the surface, direct seeding, fertilizer features and weed control system. It was established that an important advantage of the technology is the ability to retain soil moisture due to the mulching effect of plant residues. According to research in the Forest-Steppe zone, under No-till, the reserves of productive moisture in the meter layer of soil at the beginning of the growing season reached 159 mm against 147 mm under traditional cultivation, and at the end of the growing season – 40 and 32 mm, respectively. A comparison of production indicators confirmed the regional specificity of the technology's effectiveness. In the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine, soybean yield under No-till was 2.84 t/ha, while under traditional cultivation – 3.10 t/ha. Despite a decrease in yield by 8.4%, the use of No-till provided savings in fuel and lubricants by 22 l/ha. In the USA, on the contrary, the soybean yield with No-till was 3.56 t/ha, which was 6.59% higher than the traditional technology (3.34 t/ha), with a saving of about 25 l/ha. Therefore, the efficiency of No-till is determined not only by the method of soil cultivation, but by the complex interaction of hydrothermal conditions, soil properties, crop rotation system, crop residue management, weed control and variety characteristics. For the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe, the technology has significant potential as a resource-saving and adaptive soybean production system, but requires regional technological adjustment to ensure stable crop productivity.

Key words: soybean, No-till, direct sowing, soil, productive moisture, yield, resource conservation, crop residues, Right-Bank Forest-Steppe.

Дата першого надходження статті до видання: 24.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 633.15:631.8:631.526.3
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.7

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ В УМОВАХ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ

ДАНИЛЬЧЕНКО О.М. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0003-1251-4044
Сумський національний аграрний університет
ГОЛІКОВ Р.А. – студент
orcid.org/0009-0001-9416-9645
Сумський національний аграрний університет
БОНДАРЕНКО В.І. – студент
orcid.org/0009-0005-0170-5779
Сумський національний аграрний університет

Актуальність теми. Кукурудза є однією з найбільш високодохідних та врожайних сільськогосподарських культур, які вирощують в умовах Північно-Східного Лісостепу України. Проте повна реалізація її генетичного потенціалу суттєво залежить від наявності науково обґрунтованої системи мінерального живлення [1]. В умовах інтенсифікації землеробства застосування добрив є визначальним чинником регулювання рівня урожайності кукурудзи. Адже навіть високоякісний посівний матеріал не здатен проявити максимальну продуктивність за відсутності збалансованого забезпечення елементами живлення протягом усіх етапів вегетації [1, 2].

Ефективність систем живлення тісно пов'язана з ґрунтово-кліматичними умовами та біологічними особливостями конкретних гібридів. Ігнорування цих чинників призводить до недоцільних витрат ресурсів, втрат урожаю та зниження рентабельності агровиробництва [3].

Отже, розробка та впровадження адаптивних систем живлення, які враховують біологічні потреби гібридів кукурудзи й економічну доцільність застосування добрив, є одним із пріоритетних завдань сучасного рослинництва. Оптимізація мінерального живлення забезпечує стабільну врожайність та мінімізує виробничі ризики, що підтверджує актуальність і практичну спрямованість проведеного дослідження [4, 5].

Аналіз останніх досліджень. Узагальнення експериментальних і виробничих результатів свідчить, що мінеральні добрива є одним із визначальних чинників формування стабільної врожайності сучасних гібридів кукурудзи [5, 6]. Науково обґрунтоване застосування макроелементів у критичні періоди росту й розвитку нівелює вплив стресових факторів та підвищує фотосинтетичну активність посівів [7]. За відсутності оптимального живлення навіть високопродуктивні гібриди не здатні повністю реалізувати свій генетичний потенціал, оскільки формування повноцінного початка й виповненість зернівки потребують безперервного забезпечення рослин елементами живлення [8, 9].

Мета дослідження. Мета дослідження полягає в обґрунтуванні оптимальної системи азотного живлення кукурудзи за передпосівного внесення різних доз карбаміду для максимальної реалізації генетичного потенціалу продуктивності сучасних гібридів, а також в оцінці економічної ефективності застосування цього добрива в умовах Північно-Східного Лісостепу України.

Умови та методика проведення досліджень. Дослідження проводили в польових умовах на базі ТОВ «Кролевецький комбікормовий завод» (Сумська область, м. Кролевець).

Ґрунтово-кліматична характеристика: Досліди закладено на чорноземах типових середньогумусних. Ці ґрунти характеризуються високою природною родючістю; вміст гумусу в орному шарі становить 4,2–4,8 %. Реакція ґрунтового розчину — близька до нейтральної. Забезпеченість ґрунту легкогідролізованим азотом — середня, рухомими формами фосфору та обмінним калієм — підвищена, що визначає азот як головний лімітувальний чинник для формування стабільної врожайності.

Агротехніка в досліді:

Попередник: пшениця озима (забезпечує низький рівень забур'яненості та належний запас продуктивної вологи в ґрунті).

Обробіток ґрунту: загальноприйнятий для зони. Після збирання попередника проведено лущення стерні дисковими боронами, восени — зяблеву оранку на глибину 26–27 см. Навесні виконували ранньовесняне боронування (закриття вологи) та передпосівну культивацію.

Сівба та догляд: сівбу здійснювали пунктирним способом із міжряддями 70 см. Передзбиральна густота стояння рослин становила 71–75 тис. шт./га. Система захисту передбачала внесення ґрунтових і, за потреби, страхових гербіцидів.

Схема досліду. Дослід — двофакторний. Розміщення ділянок — систематичне, повторність — триразова (табл. 1).

Кукурудза формує значну вегетативну масу та характеризується високим виносом поживних речовин із ґрунту, тому її потреба в елементах живлення залишається високою протягом усієї вегетації. Майбутній рівень урожайності значною мірою визначається в критичні фази розвитку рослин. Найважливішими серед них є період 6–8 листків (коли закладається розмір початка), а також фази викидання волоті та цвітіння.

© Данильченко О.М., Голіков Р.А., Бондаренко В.І., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Таблиця 1

Схема польового досліду

Фактор	Варіанти досліду	Опис
Фактор А (Гібриди)	Гібрид 1: ДКС 5075 Гібрид 2: ДКС 3730 Гібрид 3: ДКС 4590	Сучасні гібриди інтенсивного типу селекції Dekalb з різним показником ФАО (це дозволяє оцінити реакцію рослин кукурудзи різної скоростиглості)
Фактор Б (Живлення)	Варіант 1: Контроль Варіант 2: Карбамід 100 кг/га Варіант 3: Карбамід 200 кг/га	Контроль (природний фон). Внесення під передпосівну культивацію. Внесення під передпосівну культивацію.

Таблиця 2

Вплив передпосівного внесення добрив на масу 1000 зернин кукурудзи

Гібрид (Фактор А)	Контроль (0 кг/га)	Карбамід 100 кг/га	Карбамід 200 кг/га
ДКС 3730	285,0 г	295,0 г	305,0 г
ДКС 4590	290,0 г	305,0 г	320,0 г
ДКС 5075	310,0 г	320,0 г	340,0 г

Таблиця 3

Вплив передпосівного внесення карбаміду на висоту рослин кукурудзи

Гібрид (Фактор А)	Контроль (0 кг/га)	Карбамід 100 кг/га	Карбамід 200 кг/га
ДКС 3730	235 см	245 см	250 см
ДКС 4590	240 см	255 см	265 см
ДКС 5075	255 см	265 см	275 см

Азот є одним із ключових елементів для інтенсивного росту рослин та їхньої фотосинтетичної активності. Внесення азотних добрив — зокрема карбаміду (сечовини) — під передпосівну культивацію є виправданим, оскільки добриву потрібен час для трансформації в доступні для рослин форми. Це забезпечує пролонговане живлення в критичні періоди росту й розвитку. Нестача азоту призводить до хлорозу та недоозерненості початків.

Фосфор відіграє важливу роль на початкових етапах росту кореневої системи та забезпечує енергетичний обмін у тканинах. Калій відповідає за водний баланс, підвищує посухостійкість кукурудзи та зміцнює стебло, що суттєво знижує ризик вилягання посівів.

Результати досліджень. Одним із цінних показників, що безпосередньо впливає на продуктивність рослин кукурудзи та її загальну врожайність, є маса 1000 зернин. Цей показник характеризує крупність і виповненість зерна та належить до найважливіших елементів структури врожаю. Дослідженнями доведено пряму залежність: що крупніше насіння, то більше поживних речовин воно містить, що в підсумку забезпечує вищий рівень урожайності та кращу якість продукції (табл. 2).

За результатами досліджень встановлено, що найменшу масу 1000 зернин у досліді сформували рослини кукурудзи гібрида ДКС 3730. Маса 1000 зернин у контрольному варіанті (без внесення добрив) становила 285 г. За передпосівного внесення карбаміду в дозі 100 кг/га цей показник зріс до 295 г. Найвище значення для цього гібрида зафіксовано за внесення 200 кг/га карбаміду — воно становило 305 г.

Середні значення маси 1000 зернин спостерігалися у гібрида ДКС 4590. На дослідних ділянках без внесення карбаміду (контроль) цей показник становив близько 290 г. Застосування 100 кг/га азотного добрива зумовило істотне зростання маси 1000 зернин — до 305 г. Підвищення норми внесення карбаміду до 200 кг/га дало змогу отримати показник на рівні близько 320 г.

Найбільшу масу 1000 зернин серед досліджуваних зразків сформував високопродуктивний гібрид ДКС 5075. Маса 1000 зернин у контрольному варіанті перебувала на високому рівні й становила 310 г. За внесення добрива в дозі 100 кг/га цей показник зростав до 320 г, а за максимальної дози карбаміду (200 кг/га) рослини цього гібрида забезпечили найвище значення у досліді — 340 г.

Висота рослин кукурудзи є важливим біометричним показником, який характеризує інтенсивність морфогенезу, здатність формувати достатню вегетативну масу та загальну реакцію на умови мінерального живлення. Азот є основним будівельним елементом, що відповідає за поділ клітин та ріст стебла. Тому зміна доз передпосівного внесення азотних добрив закономірно вплинула на лінійний ріст рослин кукурудзи в досліді (табл. 3).

Результати досліджень засвідчили, що найменшою висотою рослин відзначався гібрид ДКС 3730: за природного фону живлення (контроль) цей показник становив 235 см, за внесення карбаміду в дозі 100 кг/га зростав до 245 см, а за максимальної норми (200 кг/га) досягав 250 см.

Гібрид ДКС 4590 займав проміжне положення за біометричними параметрами. Висота рослин у контролі становила 240 см, за внесення 100 кг/га добрива — 255 см, а підвищення дози до 200 кг/га забезпечило лінійний ріст до рівень 265 см.

Найвищою ростовою активністю та потужним габітусом характеризувався гібрид ДКС 5075. У контрольному

Таблиця 4

Урожайність гібридів кукурудзи залежно від системи удобрення, т/га

Гібрид (Фактор А)	Контроль (0 кг/га)	Карбамід 100 кг/га	Карбамід 200 кг/га
ДКС 5075	10,8 т/га	12,6 т/га	14,0 т/га
ДКС 4590	10,3 т/га	11,7 т/га	12,8 т/га
ДКС 3730	10,2 т/га	11,5 т/га	12,4 т/га

варіанті висота рослин сягала 255 см, за внесення 100 кг/га карбаміду підвищувалася до 265 см, а за максимальної дози (200 кг/га) гібрид сформував найвищий у досліді показник — 275 см.

Урожайність є підсумковим показником, який відображає ефективність елементів агротехніки та рівень реалізації генетичного потенціалу культури. Результати проведених досліджень підтвердили суттєвий вплив передпосівного внесення карбаміду на рівень урожайності досліджуваних гібридів кукурудзи (табл. 4).

Аналіз отриманих експериментальних даних свідчить, що найвищу продуктивність за всіх фонів живлення продемонстрував гібрид ДКС 5075. У контролі (без внесення карбаміду) його урожайність становила 10,8 т/га. Застосування 100 кг/га карбаміду забезпечило зростання цього показника до 12,6 т/га (прибавка — 1,8 т/га). Максимальну врожайність зерна в досліді зафіксовано за внесення 200 кг/га карбаміду — 14,0 т/га.

Проміжне положення за рівнем продуктивності посівів посів гібрид ДКС 4590. У контрольному варіанті він сформував урожайність 10,25 т/га. Внесення 100 кг/га карбаміду сприяло підвищенню цього показника до 11,7 т/га, а збільшення дози до 200 кг/га дало змогу отримати 12,8 т/га.

Найменші значення продуктивності серед досліджуваних гібридів відзначено у ДКС 3730. Урожайність цього гібрида становила від 10,2 т/га у контрольному варіанті до 12,4 т/га за максимальної дози добрива (200 кг/га карбаміду). За передпосівного внесення 100 кг/га карбаміду врожайність ДКС 3730 складала 11,5 т/га.

У досліді простежується чітка закономірність: найбільші прирости урожайності (1,3–1,8 т/га) усі гібриди сформували за внесення першої дози карбаміду (100 кг/га). Подальше збільшення дози до 200 кг/га забезпечило дещо меншу прибавку – 0,9–1,4 т/га залежно від біологічних особливостей гібрида.

Висновки.

1. Узагальнення результатів досліджень засвідчило, що передпосівне внесення карбаміду суттєво активізує ростові процеси кукурудзи. Найвищою ростовою активністю та габітусом відзначався гібрид ДКС 5075, висота рослин якого за максимальної дози (200 кг/га) досягала 275 см (проти 255 см у контролі). Для гібридів ДКС 4590 та ДКС 3730 цей показник становив 265 см та 250 см відповідно.

2. Оптимізація азотного живлення позитивно вплинула на виповненість та крупність зерна. Найвищі показники маси 1000 зернин сформували рослини гібрида ДКС 5075: за внесення 200 кг/га карбаміду маса 1000 зернин зросла до 340 г (у контролі – 310 г). У гібридів ДКС 4590 та ДКС 3730 за максимальної дози добрива цей параметр досяг 320 г та 305 г відповідно.

3. Встановлено суттєву диференціацію гібридів за рівнем урожайності зерна залежно від дози азотного добрива:

- ДКС 5075 виявився найпродуктивнішим у досліді: його урожайність змінювалася від 10,8 т/га (у контролі) до 14,0 т/га (за внесення 200 кг/га карбаміду).
- ДКС 4590 посів проміжне положення з показниками від 10,25 т/га на контрольному варіанті до 12,8 т/га за максимальної дози.
- ДКС 3730 сформував найменшу продуктивність – від 10,2 т/га у контролі до 12,4 т/га за передпосівного внесення 200 кг/га карбаміду.

4. Доведено, що найбільша окупність одиниці внесеного добрива прибавкою урожайності спостерігається за помірної дози карбаміду (100 кг/га): приріст урожайності для всіх гібридів становив 1,3–1,8 т/га. Збільшення дози до 200 кг/га забезпечило додаткову прибавку на рівні 0,9–1,4 т/га, що свідчить про поступове зниження віддачі від наступних порцій азоту.

5. В умовах Північно-Східного Лісостепу України для одержання максимального виходу зерна кукурудзи (14,0 т/га) доцільно вирощувати гібрид ДКС 5075 із застосуванням передпосівного внесення карбаміду в дозі 200 кг/га. З метою ресурсозбереження та досягнення оптимального балансу «витрати–прибуток» високоефективним є передпосівне внесення карбаміду в дозі 100 кг/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Каленська С. М., Таран В. А. Індекс урожайності гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин, норм добрив та погодних умов вирощування. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2018. Т. 14, № 4. С. 141–149. DOI: https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.4.2018.151909
2. Господаренко Г. М. Система застосування добрив : навч. посіб. Київ : СІК ГРУП Україна, 2015. 332 с.
3. Лень О. І., Тоцький В. М., Гангур В. В., Єремко Л. С. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи. *Вісник ПДАА*. 2021. № 2. С. 52–58.
4. Мокрієнко В. А., Усатий Г. Ю. Особливості засвоєння поживних речовин гібридами кукурудзи. *Землеробство*. 2006. Вип. 78. С. 12–20.
5. Танчик С. П., Центило Л. В. Особливості удобрення кукурудзи за її вирощування на чорноземі типовому в Лісостепу України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Агрономія*. 2017. Вип. 269. С. 74–83.
6. Асанішвілі Н. М. Оптимізація мінерального живлення гібридів кукурудзи на основі рослинної діагностики. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2020. Т. 11, № 3. С. 22–32. DOI: http://dx.doi.org/10.31548/agr.2
7. Поліщук М. І., Паламарчук О. Д. Вплив позакореневих підживлень на продуктивність гібридів кукурудзи.

Сільське господарство та лісівництво. 2016. № 4. С. 102–109.
8. Крамарьов С. М., Краснєнков С. В., Писаренко П. В., Андрієнко А. Л. Водоспоживання гібридів кукурудзи та їх батьківських форм у залежності від строків сівби, густоти рослин і мінеральних добрив в умовах північного Степу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2009. № 4. С. 23–32.
9. Дідур І. М., Циганський В. І. Формування зернової продуктивності кукурудзи залежно від застосування мікробіологічного добрива Граунфікс в умовах Лісостепу правобережного. *Сільське господарство та лісівництво*. 2017. № 7, т. 1. С. 70–77.

REFERENCES:

1. Kalenska, S. M., & Taran, V. A. (2018). Indeks urozhainosti hibridiv kukurudzy zalezhno vid hustoty stoiannia roslyn, norm dobryv ta pohodnykh umov vyroshchuvannia [Yield index of maize hybrids depending on plant density, fertilizer rates and weather conditions]. *Plant Varieties Studying and Protection*, 14(4), 141–149. https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.4.2018.151909 [in Ukrainian]
2. Hospodarenko, H. M. (2015). *Systema zastosuvannia dobryv* [Fertilizer application system]. SIK HRUP Ukraina. 332 [in Ukrainian]
3. Len, O. I., Totskyi, V. M., Hangur, V. V., & Yeremko, L. S. (2021). Vplyv systemy udobrennia ta osnovnoho obrobitku hruntu na produktyvnist hibridiv kukurudzy [Effect of fertilization system and main tillage on the productivity of maize hybrids]. *Visnyk PDAA*, (2), 52–58. [in Ukrainian]
4. Mokrienko, V. A., & Usatyi, H. Yu. (2006). Osoblyvosti zasvoiennia pozhyvnykh rechovyn hibridamy kukurudzy [Features of nutrient assimilation by corn hybrids]. *Zemlerobstvo*, 78, 12–20. [in Ukrainian]
5. Tanchyk, S. P., & Tsentylo, L. V. (2017). Osoblyvosti udobrennia kukurudzy za yii vyroshchuvannia na chornozemi typovomu v Lisostepu Ukrainy [Features of corn fertilization during its cultivation on typical chernozem in the Forest-Steppe of Ukraine]. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy. Seriia: Ahronomiia*, (269), 74–83. [in Ukrainian]
6. Asanishvili, N. M. (2020). Optymizatsiia mineralnoho zhyvlennia hibridiv kukurudzy na osnovi roslynnoi diahnostyky [Optimization of mineral nutrition of corn hybrids based on plant diagnostics]. *Roslynnytstvo ta hruntoznavstvo*, 11(3), 22–32. http://dx.doi.org/10.31548/agr.2 [in Ukrainian]
7. Polishchuk, M. I., & Palamarchuk, O. D. (2016). Vplyv pozakorenevykh pidzhyvlen na produktyvnist hibridiv kukurudzy [The influence of foliar feeding on the productivity of maize hybrids]. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, (4), 102–109. [in Ukrainian]
8. Kramarov, S. M., Krasnenkov, S. V., Pysarenko, P. V., & Andriienko, A. L. (2009). Vodosposhyvannia hibridiv kukurudzy ta ikh batkivskykh form u zalezhnosti vid strokiv sivby, hustoty roslyn i mineralnykh dobryv v umovakh pivnichnoho Stepu Ukrainy [Water consumption of maize hybrids and their parental forms depending on sowing dates, plant density and mineral fertilizers in the northern Steppe of Ukraine]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, (4), 23–32. [in Ukrainian]
9. Didur, I. M., & Tsyhanskyi, V. I. (2017). Formuvannia zernovoi produktyvnosti kukurudzy zalezhno vid zastosuvannia mikrobiolohichnoho dobryva Hraunfiks v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho [Formation of grain productivity of corn depending on the use of microbiological fertilizer Groundfix in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe]. *Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 7(1), 70–77. [in Ukrainian]

Данильченко О.М., Голіков Р.А., Бондаренко В.І. Оптимізація елементів системи азотного живлення гібридів кукурудзи в умовах Сумської області

У статті висвітлено результати двофакторних польових досліджень щодо обґрунтування оптимальної системи азотного живлення кукурудзи в умовах Північно-Східного Лісостепу України. Досліджували вплив передпосівного застосування різних доз карбаміду (100 та 200 кг/га) на ростові процеси, біометричні показники, елементи структури врожаю та зернову продуктивність трьох сучасних гібридів кукурудзи різної групи стиглості: ДКС 3730, ДКС 4590 та ДКС 5075. Дослідження проводили на чорноземах типових середньогумусних із середнім умістом легкогідролізованого азоту та підвищеним умістом рухомих форм фосфору й обмінного калію.

Установлено, що внесена доза азотного добрива закономірно активізує лінійний ріст рослин і позитивно впливає на виповненість зерна. Найвищу ростову активність і продуктивність за всіх фонів живлення продемонстрував високопродуктивний гібрид ДКС 5075. За передпосівного внесення карбаміду в дозі 200 кг/га його висота досягала 275 см, маса 1000 зернин зросла до 340 г, а врожайність зерна досягла максимального значення в досліді – 14,0 т/га (прибавка до контролю становила 3,2 т/га). Для гібридів ДКС 4590 та ДКС 3730 за аналогічної дози живлення врожайність становила 12,8 т/га та 12,4 т/га відповідно.

Проведеним аналізом окупності добрив доведено, що найбільший приріст урожайності від одиниці внесеного азоту (1,3–1,8 т/га) забезпечує помірна доза карбаміду 100 кг/га, тоді як подальше збільшення дози до 200 кг/га зумовлює меншу додаткову прибавку – 0,9–1,4 т/га залежно від гібрида. Результати досліджень підтверджують високу ефективність та економічну доцільність адаптивного підходу до мінерального живлення кукурудзи залежно від генетичного потенціалу конкретного гібрида.

Ключові слова: кукурудза, гібрид, карбамід, азотне живлення, маса 1000 зернин, висота рослин, урожайність зерна, Лісостеп.

Danylchenko O.M., Holikov R.A., Bondarenko V.I. Optimization of nitrogen nutrition system elements for maize hybrids in the conditions of Sumy region

The article presents the results of two-factor field trials aiming to substantiate the optimal nitrogen nutrition system for maize under the soil and climatic conditions of the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine. The study evaluated the impact of pre-sowing application of various urea doses (100 and 200 kg/ha) on growth processes, biometric parameters, yield structure components, and grain productivity of three modern maize hybrids belonging to different maturity groups: DKS 3730, DKS 4590, and DKS 5075. Field trials were conducted on typical medium-humic chernozems characterized by a medium content of easily hydrolyzable nitrogen and an elevated content of available phosphorus and exchangeable potassium.

It was established that the applied dose of nitrogen fertilizer significantly stimulates linear plant growth and positively influences grain fullness. The highest growth activity and productivity across all nutrition backgrounds were demonstrated by the high-yielding hybrid DKS 5075. Under pre-sowing urea application at a dose of 200 kg/ha, its plant height reached 275 cm, the 1000-kernel weight increased to 340 g, and grain yield achieved the maximum trial value of 14.0 t/ha (a 3.2 t/ha increase over the unfertilized control). For hybrids DKS 4590 and DKS 3730 under the same nutrition background, grain yields were 12.8 t/ha and 12.4 t/ha, respectively.

An analysis of fertilizer payback demonstrated that the highest yield increment per unit of applied nitrogen (1.3–1.8 t/ha) was achieved with a moderate urea dose of 100 kg/ha, whereas a further increase to 200 kg/ha resulted in a smaller additional gain of 0.9–1.4 t/ha depending on the hybrid. The research findings confirm the high efficiency and economic feasibility of an adaptive approach to maize mineral nutrition based on the genetic potential of a specific hybrid.

Key words: maize, corn hybrid, urea, nitrogen nutrition, 1000-kernel weight, plant height, grain yield, Forest-Steppe.

Дата першого надходження статті до видання: 24.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 502.17:631.95(460)
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.8

УЗГОДЖЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ З ПРИРОДООХОРОННИМИ ЦІЛЯМИ МЕРЕЖІ NATURA 2000 В ІСПАНІЇ

ДРОЗД О.М. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0003-4856-8589
Estación Experimental de Aula Dei (EEAD-CSIC), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Zaragoza, España

Постановка проблеми. Розширення мережі охоронюваних природних територій та підвищення ефективності управління ними належать до ключових напрямів сучасної природоохоронної політики Європейського Союзу. Стратегією ЄС із біорізноманіття до 2030 року передбачено забезпечити правову охорону щонайменше 30 % суходолу і 30 % морських акваторій ЄС, причому третина охоронюваних територій має перебувати під суворою охороною [1]. Отже, досягнення встановлених цілей передбачає формування екологічно зв'язаної та ефективно керованої мережі, у межах якої режими використання земель мають відповідати потребам збереження конкретних видів і природних оселищ. Значна частина таких територій не належить до просторів, повністю вилучених із господарського використання, що зумовлює необхідність інтегрування природоохоронних вимог у чинні системи землекористування.

Для України це питання набуває особливого значення в контексті європейської інтеграції. Відповідно до статті 363 та додатка XXX до Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом Україна взяла на себе зобов'язання наблизити національне законодавство до положень Директиви 92/43/ЄЕС про збереження природних оселищ та видів дикої флори і фауни та Директиви 2009/147/ЄС про охорону диких птахів. Передбачені заходи охоплюють інвентаризацію і визначення територій, установлення пріоритетів їх управління, запровадження необхідних заходів збереження та створення системи моніторингу стану видів і оселищ [2]. На національному рівні схвалена у 2026 році Стратегія збереження біологічного різноманіття України на період до 2035 року передбачає збільшення площі природно-заповідного фонду щонайменше до 15 % території країни, розроблення правових засад визначення, надання статусу й управління територіями Смарагдової мережі [3].

Виконання цих завдань відбуватиметься в умовах високої господарської, насамперед сільськогосподарської, освоєності території України. Просторове поширення природних оселищ та ареалів видів, що потребують охорони, не відповідає адміністративним межам об'єктів природно-заповідного фонду і чинному поділу земель за цільовим призначенням. Особливо виразно ця невідповідність проявляється під час формування Смарагдової мережі. Території Смарагдової мережі можуть частково збігатися з об'єктами природно-заповідного фонду, однак визначаються за іншими критеріями та потребують окремих підходів до планування природоохоронних заходів. Відбір територій Смарагдової мережі здійснюється на основі наукових даних щодо наявності, репрезентативності та стану видів і природних оселищ загальноєвропейського значення. Тому її межі можуть охоплювати землі різного цільового призначення і форми власності, включаючи орні землі, пасовища, сіножаті, багаторічні насадження та сільськогосподарські водозбори водно-болотних угідь [4; 5].

Поєднання природоохоронних і сільськогосподарських функцій у межах однієї території формує складну систему екологічних, правових та економічних взаємозв'язків. Режим охорони має забезпечувати збереження цільових видів та оселищ і водночас ураховувати фактичну структуру землекористування, технологічні особливості виробництва та інтереси землевласників і землекористувачів. Розроблення таких рішень потребує опори на досвід держав, у яких управління сільськогосподарськими землями в межах природоохоронних територій здійснюється протягом тривалого часу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науково-методичні засади формування та збереження територій Смарагдової мережі в Україні висвітлено у працях експертів Української природоохоронної групи (UNCG) [5]. Розглянуто принципи визначення потенційних територій мережі, підготовки наукових обґрунтувань, ідентифікації об'єктів охорони та оцінювання загроз їхньому стану. Порівняльний аналіз Смарагдової мережі України та Natura 2000 засвідчив відмінності у правовому статусі територій, підходах до планування управління, моніторингу та оцінювання впливу господарської діяльності [4]. Водночас питання практичного узгодження сільськогосподарського використання земель із вимогами збереження видів і природних оселищ у цих працях окремо не досліджувалося.

У європейській науковій літературі ця проблематика розвивається переважно в межах концепції сільськогосподарських систем високої природної цінності. Узагальнення результатів наукових досліджень свідчить, що стан таких систем погіршується як унаслідок інтенсифікації виробництва, так і через припинення традиційного землекористування [6]. Дослідження, проведені в Галісії, підтверджують залежність стану біорізноманіття від типу виробничої системи, інтенсивності використання земель

© Дрозд О.М., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

і просторової структури агроландшафту [7]. Це визначає необхідність диференціювати природоохоронні вимоги відповідно до характеристик території та екологічних потреб об'єктів охорони.

Іспанські дослідження охоплюють окремі складові цієї проблеми: управління випасанням та рослинністю в системах *dehesa* [8], просторову організацію агроекологічних заходів у степових агроландшафтах Natura 2000 [9], вплив сільськогосподарського управління на популяції польових і степових птахів [10], готовність фермерів брати участь у природоохоронних екосхемах [11]. Окремий напрям становлять роботи, присвячені сільськогосподарському використанню територій, пов'язаних із середземноморськими водно-болотними угіддями [12]. Розглянуто формування азотного навантаження від тваринницьких господарств у водозборах солоних водно-болотних угідь [13] та екологічну цінність і чинники антропогенного впливу на гіпсові водно-болотні комплекси, пов'язані з територіями Natura 2000 [14].

Наявні публікації переважно зосереджені на окремих типах агроекосистем, групах видів, видах господарського впливу або інструментах підтримки землекористувачів. Водночас для врахування досвіду Іспанії під час подальшого реформування природоохоронної політики України необхідно систематизувати підходи до узгодження типів сільськогосподарського використання з природоохоронними цілями конкретних територій Natura 2000, вимогами до господарських практик і механізмами їх реалізації. Узагальнення потребує також подвійний характер впливу сільськогосподарської діяльності, оскільки залежно від способу та інтенсивності ведення господарства вона може як підтримувати природоохоронну цінність агроландшафтів, так і спричиняти їх деградацію. Вирішенню зазначених питань присвячено це дослідження.

Мета дослідження – систематизувати та аналітично узагальнити досвід Іспанії щодо узгодження сільськогосподарської діяльності з цілями збереження видів і природних оселищ у межах мережі Natura 2000, визначити основні типи застосовуваних практик, умови їхньої екологічної результативності та механізми їх реалізації.

Результати досліджень. За актуальними даними Міністерства екологічного переходу та демографічних викликів Іспанії, наземна частина Natura 2000 охоплює понад 138 тис. км², або близько 27,39 % території країни. До складу мережі входять 1479 територій, визначених відповідно до Оселищної директиви (*Lugares de Importancia Comunitaria*, LIC), та 659 зон спеціальної охорони птахів (*Zonas de Especial Protección para las Aves*, ZEPA); частина цих територій просторово перекривається [15]. На національному рівні правові засади функціонування Natura 2000 визначає Закон 42/2007 про природну спадщину та біорізноманіття (*Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad*) [20]. Він установлює загальні вимоги до визначення, охорони та управління територіями мережі, тоді як розроблення й реалізація конкретних заходів значною мірою належать до компетенції автономних співтовариств. Висока частка сільських територій, різноманіття біогеографічних умов і сільськогосподарських систем, тривале застосування інструментів Спільної аграрної політики сформували значний досвід узгодження аграрного виробництва з цілями Natura 2000. Іспанські практики охоплюють управління екстенсивними зерновими агроландшафтами, системами *dehesa*, гірськими пасовищами, оливковими садами, рисовими угіддями та сільськогосподарськими водозборами природоохоронних водно-болотних територій. Систематизація цього досвіду необхідна для визначення умов, за яких сільськогосподарська діяльність може бути узгоджена зі збереженням видів і природних оселищ у межах Natura 2000.

Проведений аналіз показав, що взаємодія сільського господарства з природоохоронними об'єктами в Іспанії має подвійний характер. Частина видів і напівприродних оселищ залежить від продовження традиційного екстенсивного землекористування. Для інших екосистем сільськогосподарська діяльність є джерелом додаткового навантаження, яке потребує обмеження або зміни технологій виробництва. Сумісність землекористування з природоохоронними цілями визначається видом діяльності, її інтенсивністю, строками здійснення та просторовим масштабом впливу.

До агроекосистем, залежних від продовження екстенсивного використання належать системи *dehesa*, напівприродні та гірські пасовища, а також частина сухих зернових агроландшафтів. Їхня природоохоронна цінність сформувалася внаслідок тривалого поєднання випасання, обмеженого землеробства та догляду за деревною і чагарниковою рослинністю. Припинення такої діяльності спричиняє заростання відкритих ділянок, зменшення мозаїчності рослинного покриву та поступову втрату оселищ видів, пов'язаних із традиційно керованими ландшафтами [6].

У системах *dehesa* основним завданням є підтримання рівноваги між деревним, чагарниковим і трав'яним ярусами. Помірний випас обмежує поширення чагарників, підтримує відкриті трав'яні оселища та формує просторову неоднорідність рослинності. Водночас надмірне пасовищне навантаження призводить до зниження продуктивності травостою, ущільнення ґрунту, розвитку ерозії та ускладнення природного відновлення дерев. Результати досліджень іберійських *dehesa* свідчать, що збереження їхнього біорізноманіття залежить від поєднання інтенсивності випасання, способу контролю чагарників, складу поголів'я та стану деревного ярусу [8]. Отже, випас у таких системах виконує природоохоронну функцію лише за умови регулювання його інтенсивності відповідно до екологічного стану конкретної ділянки.

Подібний принцип застосовується до напівприродних і гірських пасовищ. Підтримання відкритої структури оселищ забезпечується сезонним випасанням або скошуванням, тоді як тривале припинення використання сприяє поширенню високотрав'я і чагарників. Природоохоронне значення має не максимальне скорочення господарського навантаження, а встановлення такого режиму, який запобігає одночасно перевипасанню та занедбанню земель.

У сухих зернових агроландшафтах природоохоронні цілі пов'язані насамперед зі збереженням степових і польових птахів. Значення мають площі посівів, просторове поєднання культур, парів, необроблених смуг, меж полів та інших напівприродних елементів. Сумісні

практики передбачають застосування сівозмін, збереження частини земель під парами, обмеження польових робіт у період розмноження птахів і скорочення використання пестицидів.

Дослідження агроекологічної програми з поліпшення степових оселищ у Каталонії показало, що її результативність залежить від просторової концентрації охоплених заходами ділянок [9]. Ізольоване виконання вимог на окремих полях не формує достатньої площі придатних оселищ для видів, життєвий цикл яких пов'язаний із ширшим агроландшафтом. Це обґрунтовує необхідність координації заходів між сусідніми господарствами.

Водночас зафіксоване протягом останніх двох десятиліть скорочення ареалів сільськогосподарських і степових птахів в Іспанії свідчить, що формальне збереження орного землекористування не гарантує підтримання їхніх популяцій [10]. Негативний вплив пов'язаний з укрупненням полів, скороченням площ парів, раннім збиранням урожаю, застосуванням пестицидів і перетворенням сухих земель на зрошувані. Отже, об'єктом регулювання має бути не загальна категорія використання земель, а конкретні технологічні параметри аграрного виробництва.

Для багаторічних насаджень важливими є збереження рослинного покриву міжрядь, терас, польових меж, поодиноких дерев і необроблених ділянок. Такі елементи створюють оселища для запилювачів, птахів і дрібних хребетних та одночасно зменшують ризик ерозії ґрунту. Натомість суцільний механічний обробіток, використання гербіцидів і видалення напівприродної рослинності спрощують структуру агроландшафту. У посушливих районах спосіб утримання міжрядь повинен ураховувати можливу конкуренцію рослинного покриву з культурою за ґрунтову вологу.

Окрему групу утворюють рисові поля та сільськогосподарські землі у водозборах природоохоронних водно-болотних територій. Рисові угіддя поблизу дельти Ебро, Альбуфери та боліт Гвадалквівіру можуть виконувати функції додаткових водних і кормових біотопів. Їхня природоохоронна цінність залежить від строків і тривалості затоплення, стану зрошувальних каналів, якості зворотних вод та інтенсивності застосування добрив і засобів захисту рослин. Відмінності у природних умовах і пріоритетах управління основних рисівницьких районів Іспанії обмежують можливість застосування для них однакових технологічних вимог [12].

Для солоних і гіпсових водно-болотних угідь важливим є врахування впливів, що формуються поза межами охоронюваної ділянки. Дослідження M. Tierra, J. R. Olarieta та C. Castañeda показало, що азотне навантаження на солоні водно-болотні угіддя басейну Ебро визначається просторовим розміщенням тваринницьких господарств, обсягами внесення добрив, поверхневим стоком і перенесенням наносів [13, 14]. Тому обмеження діяльності безпосередньо біля водойми не усуває надходження забруднювальних речовин із віддаленіших частин водозбору.

Узагальнення результатів сучасних досліджень та положень Стратегічного плану Спільної аграрної політики Іспанії дало змогу систематизувати практики сільськогосподарського використання за типами агроекосистем, природоохоронними завданнями та основними ризиками їх застосування (табл. 1). Наведена систематизація показує, що природоохоронна прийнятність сільськогосподарської практики не є сталою характеристикою самої практики. Вона визначається типом агроекосистеми, об'єктом охорони, інтенсивністю господарського впливу та просторовим масштабом його прояву. Тому однакова господарська операція за різних умов може підтримувати необхідний стан оселища або, навпаки, посилювати його деградацію.

Узгодження господарської діяльності з цілями Natura 2000 в Іспанії забезпечується поєднанням планів управління природоохоронними територіями та фінансових інструментів Спільної аграрної політики. Рамка пріоритетних дій для фінансування Natura 2000 в Іспанії на 2021–2027 рр. (*Marco de Acción Prioritaria para la financiación de la Red Natura 2000 en España para el período 2021–2027*, MAP) визначає потреби у фінансуванні управління оселищами, відновлення екосистем, моніторингу та взаємодії із землекористувачами [16]. Конкретний зміст заходів установлюється автономними спільнотами, що дає змогу враховувати регіональні природні й господарські відмінності, але одночасно зумовлює неоднорідність підходів.

Стратегічний план Спільної аграрної політики Іспанії на 2023–2027 рр. (*Plan Estratégico de la Política Agrícola Común de España 2023–2027*, PEPAC) передбачає екосхеми, до яких належать екстенсивний випас, стале скошування, сівозміни, прямий посів, рослинний покрив у багаторічних насадженнях та виділення площ для підтримання біорізноманіття [17]. Ці інструменти створюють економічні стимули для зміни практик, проте їхня природоохоронна результативність залежить від відповідності потребам конкретної території Natura 2000.

Важливою умовою є готовність землекористувачів брати участь у добровільних програмах. Дослідження ставлення фермерів Арагону до екосхеми зі збереження запилювачів показало залежність участі від розміру компенсації, характеристик господарства та сприйняття доцільності запропонованих вимог [11]. Тому фінансова підтримка має поєднуватися з консультуванням фермерів, зрозумілим обґрунтуванням заходів і моніторингом отриманого екологічного результату.

Проведене узагальнення дозволяє визначити п'ять основних умов результативності іспанських практик: відповідність заходу конкретному об'єкту охорони; регулювання інтенсивності та строків господарських операцій; застосування заходів у просторовому масштабі, що відповідає екологічному процесу; економічна прийнятність вимог для землекористувача; оцінювання фактичних змін стану видів і оселищ. Отже, іспанський досвід ґрунтується на диференційованому управлінні, у межах якого сільськогосподарські практики оцінюються за їхнім впливом на визначені природоохоронні цілі, а не лише за формальною належністю земель до Natura 2000.

Висновки. Досвід Іспанії засвідчує, що узгодження сільськогосподарської діяльності з цілями Natura 2000 не може ґрунтуватися на універсальному режимі землекористування. Стратегічною основою управління є диференціація вимог відповідно до типу агроекосистеми, об'єктів охорони, характеру господарського впливу та просторового масштабу екологічних процесів. Для

Таблиця 1

Узгодження сільськогосподарських практик із природоохоронними цілями в основних агроекосистемах Natura 2000 в Іспанії (узагальнено автором)

Тип агроекосистеми	Природоохоронне завдання	Сумісні або необхідні практики	Основні ризики	Джерела інформації
Системи *dehesa*	Підтримання мозаїки деревної, чагарникової і трав'яної рослинності; збереження пасовищних оселищ і пов'язаних із ними видів	Регульований екстенсивний випас, чергування пасовищ, підтримання деревного ярусу, вибірковий контроль чагарників	Перевипас, ущільнення й ерозія ґрунту, надмірне видалення чагарників, недостатнє відновлення деревостану, занедбання земель	[6; 8]
Гірські й напівприродні пасовища	Збереження відкритих оселищ і видового різноманіття травостою	Сезонний випас, регулювання пасовищного навантаження, обмежене скошування, збереження окремих невипасаних ділянок	Перевипас, надмірне удобрення, перетворення на інтенсивні кормові угіддя, заростання після припинення використання	[6; 17]
Екстенсивні зернові агроландшафти	Збереження місць розмноження та живлення степових і польових птахів	Сівозміни, збереження парів, необроблених смуг і меж полів, обмеження польових робіт у репродуктивний період	Укрупнення полів, скорочення парів, раннє збирання врожаю, перетворення богарних земель на зрошувані, застосування пестицидів	[9; 10; 17]
Оливкові сади та інші багаторічні насадження	Збереження ґрунтового покриву, запилювачів, птахів і структурної неоднорідності агроландшафту	Керований рослинний покрив у міжряддях, збереження терас, меж полів, чагарникової рослинності та інших напівприродних елементів	Суцільний обробіток ґрунту, застосування гербіцидів, ерозія, видалення ландшафтних елементів, надмірна конкуренція за вологу	[17; 18]
Рисові поля, пов'язані з водно-болотними угіддями	Підтримання водних і кормових біотопів, збереження водної біоти та якості води	Регулювання строків і тривалості затоплення, зменшення агрохімічного навантаження, збереження каналів, польових меж і сезонно затоплених ділянок	Надходження добрив і пестицидів, зміна режиму затоплення, надмірне осушення, мікробіологічне забруднення та викиди парникових газів	[12; 19]
Водозбори солоних і гіпсових водно-болотних угідь	Збереження гідрологічного та гідрохімічного режиму, рідкісних оселищ і пов'язаних із ними видів	Балансове внесення добрив, контроль органічних відходів тваринництва, створення буферних смуг, обмеження забрудненого поверхневого стоку	Надходження азоту, фосфору і пестицидів, ерозійний стік, розміщення інтенсивних тваринницьких комплексів у межах водозбору, порушення водного балансу	[13; 14]

систем *dehesa*, гірських пасовищ і частини степових агроландшафтів умовою збереження природоохоронної цінності є продовження регульованого екстенсивного використання. Для орних земель, багаторічних насаджень і водозалежних екосистем пріоритетними є обмеження інтенсифікації, збереження мозаїчності ландшафту, регулювання агрохімічного навантаження та підтримання водного режиму.

Результативність таких практик визначається їх відповідністю конкретним природоохоронним цілям, обґрунтованими параметрами застосування, економічною прийнятністю для землекористувачів та моніторингом фактичного стану видів і оселищ. Для територій зі складними просторовими зв'язками необхідним є перехід від управління окремими ділянками до ландшафтного або басейнового рівня.

Для України досвід Іспанії становить науковий і практичний інтерес у контексті розвитку Смарагдової мережі, розширення природоохоронних територій та поширення в їхніх межах сільськогосподарських земель. Окремі підходи до диференціації режимів землекористування, визначення природоохоронних цілей, залучення землекористувачів і оцінювання екологічних результатів можуть бути враховані під час подальшого вдосконалення управління такими територіями. Водночас можливість їх застосування потребує окремого аналізу з урахуванням особливостей українського законодавства, структури землекористування, природних умов і удосконалення наявних інституційних механізмів.

Acknowledgements. O. Drozd is grateful for the support provided within the project UCRAN20045, *Soils and Nature Conservation in Ukrainian Agriculture*, funded by the Spanish National Research Council (Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC) under the IUCRAN2022 call, which made it possible to conduct this research.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. European Commission. *EU Biodiversity Strategy for 2030: Bringing Nature Back into Our Lives* : Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM(2020) 380 final. Brussels, 2020. 23 p. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0380 (дата звернення: 10.08.2026).
2. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони : міжнародний документ від 27 червня 2014 р. Ст. 363, дод. XXX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011 (дата звернення: 10.08.2026).
3. Про схвалення Стратегії збереження біологічного різноманіття України на період до 2035 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2026–2028 роках : розпорядження Кабінету Міністрів України від 10 червня 2026 р. № 708-р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/708-2026-%D1%80 (дата звернення: 10.08.2026).
4. Аналіз відповідності Смарагдової мережі України мережі Natura 2000 щодо створення та практики управління : звіт у рамках проєкту ConNaturLIFE Ukraine / М. Дребет, А. Ковбаснюк, А. Зіньковський, А. Драпалюк. 2026. 43 с. URL: https://uncg.org.ua/wp-content/uploads/2026/04/analiz-vidpovidnosti-emerald-natura2000-ukr-2026s.pdf (дата звернення: 11.08.2026).
5. Проектування і збереження територій мережі Емеральд (Смарагдової мережі) : методичні матеріали / О. Васи люк, К. Борисенко, А. Куземко, О. Марущак, П. Тєсто в, Є. Гриник ; за ред. А. А. Куземко, К. А. Борисенко. Київ : LAT & K, 2019. 78 с. URL: https://uncg.org.ua/proektuvannia-i-zberezhennia-emerald/ (дата звернення: 01.08.2026).
6. Varela E., Jay M., Flinzberger L., Mobarak C., Plieninger T. A review of high nature value farming systems in Europe: Biodiversity, ecosystem services, drivers, innovations and future prospects. *People and Nature*. 2026. Vol. 8, № 7. P. 2049–2064. DOI: 10.1002/pan3.70048.
7. Lomba A., Ferreiro da Costa J., Ramil-Rego P., Corbelle-Rico E. Assessing the link between farming systems and biodiversity in agricultural landscapes: Insights from Galicia (Spain). *Journal of Environmental Management*. 2022. Vol. 317. Article 115335. DOI: 10.1016/j.jenvman.2022.115335.
8. Rodríguez-Rojo M. P., Roig S., López-Carrasco C., Redondo García M. M., Sánchez-Mata D. Which factors favour biodiversity in Iberian dehesas? *Sustainability*. 2022. Vol. 14, № 4. Article 2345. DOI: 10.3390/su14042345.
9. Pérez-Sánchez C., Pierri-Daunt A. B., Villamayor-Tomas S. Unraveling spatial agglomeration patterns in agri-environmental schemes: Evidence from the improvement of steppe habitats in the Natura 2000 network in Catalonia (Spain). *Land Use Policy*. 2024. Vol. 142. Article 107145. DOI: 10.1016/j.landusepol.2024.107145.
10. Chamizo D., Tarjuelo R., Morales M. B., Seoane J. Range contractions of farmland and steppe birds over two decades in relation to agricultural management in Spain. *Biological Conservation*. 2025. Vol. 311. Article 111437. DOI: 10.1016/j.biocon.2025.111437.
11. Muñoz-Ulecia E., Uldemolins P., Bernués A., de-Magistris T., Villamayor-Tomás S., Martín-Collado D. Fighting the pollinators decline in practice – Farmers' willingness to accept an eco-scheme for their conservation in Aragon, Spain. *Resources, Environment and Sustainability*. 2025. Vol. 20. Article 100208. DOI: 10.1016/j.resenv.2025.100208.
12. Jorge-García D., Estruch-Guitart V., Aragonés-Beltrán P. How geographical factors and decision-makers' perceptions influence the prioritization of ecosystem services: Analysis in the Spanish rice field areas in RAMSAR Mediterranean wetlands. *Science of the Total Environment*. 2023. Vol. 869. Article 161823. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.161823.
13. Tierra M., Olarieta J. R., Castañeda C. An assessment of the N load from animal farms in saline wetland catchments in the Ebro Basin, NE Spain. *Land*. 2025. Vol. 14, № 6. Article 1170. DOI: 10.3390/land14061170.
14. Herrero J., Castañeda C., Baltanás Á. The ecological value of a gypsum wetland: Soil geochemical and biological indicators. *Biodiversity and Conservation*. 2026. Vol. 35, № 2. Article 55. DOI: 10.1007/s10531-026-03257-4.
15. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. La Red Natura 2000 en España. URL: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/rn_espana.html (дата звернення: 10.08.2026).
16. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Marco de Acción Prioritaria para Natura 2000 en España para el marco financiero plurianual 2021–2027. 2021. URL: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/rn_cons_marco_accion_prioritaria.html (дата звернення: 08.08.2026).
17. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Plan Estratégico de la Política Agrícola Común de España 2023–2027. URL: https://www.mapa.gob.es/es/pac/pac-2023-2027/plan-estrategico-pac (дата звернення: 11.08.2026).
18. Navarro I., Farfán M. A., Fa J. E., Muñoz A.-R. Herbaceous cover management in olive groves can be important for aerial-feeding birds. A case study in southern Spain. *Journal for Nature Conservation*. 2026. Vol. 89. Article 127068. DOI: 10.1016/j.jnc.2025.127068.
19. Martínez-Megías C., Pascual-March C., Moratalla J., Rochera C., Picazo A., Morant D., Camacho A., Rico A. Influence of conventional and organic rice farming on aquatic biodiversity and greenhouse gas emissions in a protected Mediterranean wetland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2025. Vol. 393. Article 109835. DOI: 10.1016/j.agee.2025.109835.
20. España. Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. *Boletín Oficial del Estado*. 2007. Núm. 299, de 14 de diciembre. URL: https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-21490 (дата звернення: 21.08.2026).

REFERENCES:

1. European Commission. (2020). *EU biodiversity strategy for 2030: Bringing nature back into our lives* (COM(2020) 380 final). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0380
2. *Uhoda pro asotsiatsiiu mizh Ukrainoiu, z odniiei storony, ta Yevropeiskym Soiuzom, Yevropeiskym spivtovarystvom*

z atomnoi enerhii i yikhnimy derzhavamy-chlenamy, z inshoi storony [Association Agreement between Ukraine, of the one part, and the European Union, the European Atomic Energy Community and their Member States, of the other part]. (2014, June 27). Verkhovna Rada of Ukraine. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011

3. Kabinet Ministriv Ukrainy. (2026, June 10). *Pro skhvalennia Stratehii zberezhennia biolohichnoho riznomanittia Ukrainy na period do 2035 roku ta zatverdzhennia operatsiinoho planu zakhodiv z yii realizatsii u 2026–2028 rokakh* [On approval of the Biodiversity Conservation Strategy of Ukraine until 2035 and the operational action plan for its implementation in 2026–2028] (Order No. 708-r). https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/708-2026-%D1%80
4. Drebet, M., Kovbasniuk, A., Zinkovskyi, A., & Drapaliuk, A. (2026). *Analiz vidpovidnosti Smarahdovoi merezhi Ukrainy merezhi Natura 2000 shchodo stvorennia ta praktyky upravlinnia* [Analysis of the compliance of Ukraine's Emerald Network with the Natura 2000 network regarding establishment and management practices]. ConNaturLIFE Ukraine. https://uncg.org.ua/wp-content/uploads/2026/04/analiz-vidpovidnosti-emerald-natura2000-ukr-2026s.pdf
5. Vasyliuk, O., Borysenko, K., Kuzemko, A., Marushchak, O., Tiestov, P., & Hrynyk, Ye. (2019). *Proektuvannia i zberezhennia terytorii merezhi Emerald (Smarahdovoi merezhi): Metodychni materialy* [Designation and conservation of Emerald Network sites: Methodological materials] (A. A. Kuzemko & K. A. Borysenko, Eds.). LAT & K. https://uncg.org.ua/proektuvannia-i-zberezhennia-emerald/
6. Varela, E., Jay, M., Flinzberger, L., Mobarak, C., & Plieninger, T. (2026). A review of high nature value farming systems in Europe: Biodiversity, ecosystem services, drivers, innovations and future prospects. *People and Nature, 8*(7), 2049–2064. https://doi.org/10.1002/pan3.70048
7. Lomba, A., Ferreiro da Costa, J., Ramil-Rego, P., & Corbelle-Rico, E. (2022). Assessing the link between farming systems and biodiversity in agricultural landscapes: Insights from Galicia (Spain). *Journal of Environmental Management, 317*, 115335. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115335
8. Rodríguez-Rojo, M. P., Roig, S., López-Carrasco, C., Redondo García, M. M., & Sánchez-Mata, D. (2022). Which factors favour biodiversity in Iberian dehesas? *Sustainability, 14*(4), 2345. https://doi.org/10.3390/su14042345
9. Pérez-Sánchez, C., Pierri-Daunt, A. B., & Villamayor-Tomas, S. (2024). Unraveling spatial agglomeration patterns in agri-environmental schemes: Evidence from the improvement of steppe habitats in the Natura 2000 network in Catalonia (Spain). *Land Use Policy, 142*, 107145. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2024.107145
10. Chamizo, D., Tarjuelo, R., Morales, M. B., & Seoane, J. (2025). Range contractions of farmland and steppe birds over two decades in relation to agricultural management in Spain. *Biological Conservation, 311*, 111437. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2025.111437
11. Muñoz-Ulecia, E., Uldemolins, P., Bernués, A., de-Magistris, T., Villamayor-Tomás, S., & Martín-Collado, D. (2025). Fighting the pollinators decline in practice – Farmers' willingness to accept an eco-scheme for their conservation in Aragon, Spain. *Resources, Environment and Sustainability, 20*, 100208. https://doi.org/10.1016/j.resenv.2025.100208
12. Jorge-García, D., Estruch-Guitart, V., & Aragonés-Beltrán, P. (2023). How geographical factors and decision-makers' perceptions influence the prioritization of ecosystem services: Analysis in the Spanish rice field areas in RAMSAR Mediterranean wetlands. *Science of the Total Environment, 869*, 161823. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161823
13. Tierra, M., Olarieta, J. R., & Castañeda, C. (2025). An assessment of the N load from animal farms in saline wetland catchments in the Ebro Basin, NE Spain. *Land, 14*(6), 1170. https://doi.org/10.3390/land14061170
14. Herrero, J., Castañeda, C., & Baltanás, Á. (2026). The ecological value of a gypsum wetland: Soil geochemical and biological indicators. *Biodiversity and Conservation, 35*(2), Article 55. https://doi.org/10.1007/s10531-026-03257-4
15. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (n.d.). *La Red Natura 2000 en España*. Retrieved September 1, 2026, from https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/rn_espana.html
16. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021). *Marco de Acción Prioritaria para Natura 2000 en España para el marco financiero plurianual 2021–2027*. https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/rn_cons_marco_accion_prioritaria.html
17. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2022). *Plan Estratégico de la Política Agrícola Común de España 2023–2027*. https://www.mapa.gob.es/es/pac/pac-2023-2027/plan-estrategico-pac
18. Navarro, I., Farfán, M. A., Fa, J. E., & Muñoz, A.-R. (2026). Herbaceous cover management in olive groves can be important for aerial-feeding birds. A case study in southern Spain. *Journal for Nature Conservation, 89*, 127068. https://doi.org/10.1016/j.jnc.2025.127068
19. Martínez-Megías, C., Pascual-March, C., Moratalla, J., Rochera, C., Picazo, A., Morant, D., Camacho, A., & Rico, A. (2025). Influence of conventional and organic rice farming on aquatic biodiversity and greenhouse gas emissions in a protected Mediterranean wetland. *Agriculture, Ecosystems & Environment, 393*, 109835. https://doi.org/10.1016/j.agee.2025.109835
20. Jefatura del Estado. (2007, December 13). Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. *Boletín Oficial del Estado*, 299. https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-21490

Дрозд О.М. Узгодження сільськогосподарської діяльності з природоохоронними цілями мережі Natura 2000 в Іспанії

Мета. Систематизувати та аналітично узагальнити досвід Іспанії щодо узгодження сільськогосподарської діяльності з цілями збереження видів і природних оселищ у межах мережі Natura 2000, визначити основні типи застосовуваних практик, умови їхньої екологічної результативності та механізми реалізації.

Методи. Дослідження виконано у формі аналітичного огляду сучасних наукових публікацій, офіційних документів Європейського Союзу та нормативних і програмних матеріалів Іспанії, присвячених управлінню сільськогосподарськими землями, збереженню біорізноманіття та реалізації інструментів Спільної аграрної політики. Застосовано методи контент-аналізу, порівняння, типологічного групування та аналітичного узагальнення. Практики систематизовано за типом агроекосистеми, природоохоронним завданням, характером допустимого або необхідного господарського

використання, основними ризиками та механізмами впровадження.

Результати. Встановлено подвійний характер взаємодії сільського господарства з природоохоронними об'єктами. Природоохоронна цінність систем *dehesa*, гірських і напівприродних пасовищ, а також частини екстенсивних зернових агроландшафтів залежить від продовження регульованого традиційного використання. Припинення випасання, скошування або обмеженого землеробства може спричиняти заростання відкритих ділянок, зменшення мозаїчності рослинного покриву та втрату оселищ пов'язаних із ними видів. Водночас надмірна інтенсивність випасу, укрупнення полів, скорочення парів, застосування пестицидів, суцільний обробіток ґрунту в багаторічних насадженнях та інші прояви інтенсифікації посилюють деградаційні процеси. Для орних земель і багаторічних насаджень сумісними є практики, спрямовані на підтримання просторової неоднорідності, збереження напівприродних елементів, регулювання строків господарських операцій та зменшення агрохімічного навантаження. Визначено, що природоохоронна прийнятність певної практики не є її сталою характеристикою, а залежить від типу агроекосистеми, об'єкта охорони, інтенсивності й строків застосування та просторового масштабу впливу. Реалізація відповідних підходів в Іспанії забезпечується поєднанням планів управління окремими територіями, регіонального регулювання, Рамки пріоритетних дій для фінансування Natura 2000 та інструментів Стратегічного плану Спільної аграрної політики. Узагальнено п'ять умов результативності таких практик: відповідність конкретному об'єкту охорони; регулювання інтенсивності та строків господарських операцій; застосування у просторовому масштабі, що відповідає екологічному процесу; економічна прийнятність вимог для землекористувачів; моніторинг фактичних змін стану видів і оселищ.

Висновки. Іспанський досвід засвідчує неможливість застосування універсального режиму землекористування до всіх територій Natura 2000. Стратегічною основою управління є диференціація вимог відповідно до типу агроекосистеми, об'єктів охорони, характеру господарського впливу та просторового масштабу екологічних процесів. Окремі підходи до визначення режимів землекористування, залучення землекористувачів і оцінювання екологічних результатів можуть бути враховані під час подальшого вдосконалення управління територіями зі змішаними природоохоронними та виробничими функціями в Україні, однак можливість їх застосування потребує окремого аналізу й адаптації.

Ключові слова: біорізноманіття; екстенсивне землекористування; агроекосистеми; агроекологічні заходи; екосхеми; управління оселищами; фінансова підтримка землекористувачів; адаптивне планування.

Drozd O.M. Balancing Agricultural Activities and Conservation Objectives in Spain's Natura 2000 Network

Purpose. To systematise and analytically synthesise Spain's experience in reconciling agricultural activities with the objectives of species and natural habitat protection within the Natura 2000 network, as well as to identify the principal types of practices applied, the conditions determining their environmental effectiveness, and the mechanisms for their implementation.

Methods. The study was conducted as an analytical review of recent scientific publications, official European Union documents, and Spanish regulatory and policy materials addressing farmland management, biodiversity protection, and the implementation of Common Agricultural Policy instruments. Content analysis, comparison, typological grouping, and analytical synthesis were applied. The reviewed practices were classified according to agroecosystem type, protected feature, the nature of permitted or required land use, principal implementation risks, and supporting mechanisms.

Results. The analysis revealed the dual nature of interactions between farming and protected features. The ecological value of *dehesa* systems, mountain and semi-natural pastures, and some extensive cereal landscapes depends on the continuation of regulated traditional land use. The abandonment of grazing, mowing, or low-intensity cultivation may lead to the encroachment of shrubs and tall vegetation, reduced landscape heterogeneity, and the loss of habitats associated with traditionally managed landscapes. Conversely, excessive grazing pressure, field enlargement, loss of fallow land, pesticide use, continuous tillage in permanent crops, and other forms of intensification may accelerate degradation. Compatible practices for arable land and permanent crops include maintaining spatial heterogeneity, retaining semi-natural landscape features, regulating the timing of farming operations, and reducing agrochemical inputs. The suitability of a particular practice is therefore not an inherent or constant property but depends on the agroecosystem, the protected species or habitat, the intensity and timing of its application, and the spatial scale of its effects. In Spain, the implementation of these approaches is supported by a combination of site management plans, regional regulation, the Prioritised Action Framework for Natura 2000 funding, and the instruments of the national CAP Strategic Plan. Five principal conditions determining effectiveness were identified: correspondence between a measure and a specific protected feature; regulation of the intensity and timing of operations; implementation at a spatial scale consistent with the relevant ecological process; economic acceptability for landholders; and monitoring of actual changes in species and habitat status.

Conclusions. Spain's experience demonstrates that a uniform land-use regime cannot adequately address the diversity of Natura 2000 sites. The strategic basis of management is the differentiation of requirements according to agroecosystem type, protected features, the nature of pressures, and the spatial scale of ecological processes. Selected approaches to differentiating land-use regimes, engaging landholders, and assessing environmental outcomes may inform the further improvement of governance for areas combining ecological and productive functions in Ukraine. Their possible application, however, requires separate analysis and careful adaptation to the national legal framework, land-use structure, environmental conditions, and institutional capacity.

Key words: biodiversity; extensive land use; agroecosystems; agro-environmental measures; eco-schemes; habitat management; landholder incentives; adaptive planning.

Дата першого надходження статті до видання: 02.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 631.5:632.9:633.11
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.9

ВПЛИВ МИЮЧИХ ЗАСОБІВ В ПОЛИВНІЙ ВОДІ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ І ХІМІЧНИЙ СКЛАД ЗЕРНА ТА СОЛОМИ ПШЕНИЦІ ЯРОЇ

ДУБОВИЙ В.І. – доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.org/0000-0002-8637-002
*З*Білоцерківський національний аграрний університет
КЛІЩЕНКО С.В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/009-0006-5956-8137
Білоцерківський національний аграрний університет
БУДАК О.О. – кандидат сільськогосподарських наук, асистент
orcid.org/0000-0001-9166-1557
Білоцерківський національний аграрний університет
ШУЛЬКО О.П. – кандидат ветеринарних наук, доцент
orcid.org/0000-0002-0052-8871
Білоцерківський національний аграрний університет
ЗЕЛЕНЕЦЬ С.В. – асистент
orcid.org/0009-0007-7494-0600
Білоцерківський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Вода була і залишається одним із основних елементів в загальному ланцюгу взаємозв'язків природи. Використання тільки води без застосування добрив суттєво вирішує проблему продуктивності сільськогосподарських культур навіть на збіднених за родючістю ґрунтах. В умовах сучасних кліматичних викликів та дефіциту водних ресурсів питання раціонального водокористування та розвитку альтернативних джерел зволоження є одним із ключових пріоритетів державної політики України, що офіційно закріплено у Стратегії зрошення та дренажу на період до 2030 року [1]. Відомо, що проблема поливної води є надзвичайно актуальною, адже навіть в Україні є великий дефіцит питної води, у зв'язку з чим жорстко регламентуються агроекологічні критерії та вимоги до вод, призначених для поливу сільськогосподарських угідь [2].

Заслуговують на увагу ті технологічні рішення, які запроваджені в деяких країнах, і особливо в Ізраїлі. Особливої уваги заслуговує технологія використання повторно очищених вод для поливу сільськогосподарських культур. Кліматичні умови Ізраїлю та України надзвичайно різні, але підходи до використання стічних вод в Ізраїлі потребують детального вивчення. Нам невідомо про якісний стан стічних вод каналізації тієї країни, а що стосується міських каналізаційних систем України, в тому числі м. Біла Церква, стає очевидним, що левова частка в каналізаційних водах припадає на воду від пральних машин-автоматів. Ця вода насичена фосфатами і поверхнево-активними речовинами (ПАР), які входять до складу пральних порошків. За даними Е. Еріксона та співавторів (E. Eriksson et al.) [3], детальний аналіз характеристик стічних побутових стоків є першочерговою умовою оцінки ризиків їхнього повторного використання. Потрапляючи разом із водою у ґрунт, ці компоненти змінюють його фізико-хімічні властивості, що доведено в експериментах Г. Аль-Хамайдеха та М. Біно (H. Al-Hamaiedeh & M. Bino) [4].

Водночас для умов України, зокрема за різких кліматичних змін, раціональне облаштування меліоративних систем та оптимізація водного режиму вимагають обов'язкового врахування локальних антропогенних факторів і регіональних екологічних особливостей [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Швидкий ріст числа міст, промислових об'єктів, сільських і міських поселень, великих тваринницьких ферм і комплексів призводить до щорічного утворення великої кількості відходів, які потребують переробки. З цього приводу особливої актуальності набуває розробка найбільш ефективних методів очистки стічних вод і продуктів їх переробки у сільському господарстві. Для виконання цих завдань пропонується використовувати стічні води для поливу і підживлення сільськогосподарських культур, а осади – як джерело поживних речовин для рослин і ґрунтово-меліоративний засіб для підвищення родючості ґрунту, що детально відображено у концептуальних підходах сучасного вітчизняного моніторингу [6].

Одним із джерел потрапляння шкідливих речовин у навколишнє середовище є стічні води каналізації. Разом з ними в довкілля потрапляють такі небезпечні компоненти, як миючі засоби, які практично щоденно використовуються для прання.

Питання утилізації побутових стоків, очищених стічних вод та вивчення впливу хімічних компонентів на компоненти агроекосистем висвітлено у працях багатьох вітчизняних та зарубіжних дослідників. Особливості функціонування та розвитку меліоративних систем у контексті сучасних змін клімату і дефіциту вологи ґрунтовно висвітлено у працях Г. В. Воропай, М. В. Яцик та Н. В. Мозоль [7].

Міжнародний досвід зрошення очищеними муніципальними водами детально узагальнено у роботах

© Дубовий В.І., Кліщенко С.В., Будак О.О., Шулько О.П., Зеленець С.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Ф. Педреро (F. Pedrero et al.) [8], тоді як глобальні виклики та обмеження такого типу поливу в аграрному секторі країн, що розвиваються, ґрунтовно проаналізовано М. Кадіром (M. Qadir et al.) [9].

Особливу загрозу для агрофітоценозів становлять залишки мийних засобів та ксенобіотиків. На клітинному та системному рівнях реакція рослинних систем на утилізацію стічних вод безпосередньо залежить від конкретного класу присутніх у розчині сурфактантів (поверхнево-активних речовин), що експериментально доведено Дж. Гарландом (J. L. Garland et al.) [10]. Крім того, як свідчать найновіші експериментальні дані Х. Хейдарі та С. Карімі (H. Heidari & S. Karimi), забруднена детергентами (мийними засобами) вода безпосередньо пригнічує початкові етапи онтогенезу та погіршує показники проростання насіння зернових культур, зокрема пшениці [11].

Для мінімізації цих ризиків в умовах України С. А. Балюк та М. І. Ромащенко [12] пропонується застосовувати збалансовані технологічні підходи до управління нетрадиційними водними ресурсами для поливу і підживлення сільськогосподарських культур. Це повністю узгоджується з вимогами щодо забезпечення загальної екологічної безпеки всієї агросфери як основи отримання якісної рослинницької продукції [13].

Науково доведено, що стічні води після відповідного підготування чи розведення можуть успішно застосовуватися в рослинництві. Проте тривалий і безконтрольний полив розчинами з високим умістом солей чи синтетичних миючих засобів потребує системного екотоксикологічного контролю з метою запобігання акумуляції токсикантів у фітомасі продовольчих культур[6].

Мета. виявити та оцінити вплив використаного розчину прального порошку (пральної води) різної концентрації на продуктивність, технологічні параметри зерна та агрохімічні показники соломи пшениці ярої сорту Миронівчанка в умовах вегетаційного досліду.

Матеріали та методика досліджень. Досліди проводили в 2024–2025 рр. в умовах вегетаційного досліду (ґрунтової ванни) з вивчення ефективності різних концентрацій розчину прального порошку на посівах пшениці ярої сорту Миронівчанка, згідно з існуючими методиками для закладання вегетаційного досліду. В досліді використовували пральний порошок "Test automat", до складу якого входять аніонні поверхнево-активні речовини (ПАР), неіоногенні ПАР, поліакрилати, цеоліт, фосфонати, сульфати, силікати, карбонати, ензими.

Схема досліду включала три варіанти:

1. Контроль – полив водопровідною водою;
2. Полив розчином прального порошку (0,3 г прального порошку на 1 л води, що відповідає загальноприйнятій нормі його використання під час прання білизни);
3. Полив розчином прального порошку (0,15 г прального порошку на 1 л води, тобто пральну воду розбавляли водопровідною у співвідношенні 1:1).

Довжина ґрунтової ванни становила 3 м, висота – 0,5 м, ширина – 1 м.

Ванна була розміщена над землею на висоті 50 см під накриттям, яке не перешкоджало проникненню природного освітлення на рослини. Ванна була поділена плівкою на три частини, щоб унеможливити змішування поливної води між ділянками. Ґрунт – сірий лісовий із вмістом гумусу 0,7%. Полив здійснювали на ранніх фазах розвитку рослин (сходи – 3-й листок) один раз на добу, а в наступних фазах – 2 рази на добу.

Результати досліджень. Проведені дослідження засвідчують, що в жодному з варіантів із поливом розчином прального порошку токсичного впливу на рослини пшениці ярої за фенотипом її розвитку виявлено не було.

Маса 1000 зерен на контрольному варіанті в 2024 р. становила 24,0 г, а в 2025 р. – 26,0 г (табл. 1). Найменший показник серед варіантів, що вивчалися, зафіксовано в перший рік при поливі концентрованим розчином прального порошку (20,0 г). Проте в середньому за два роки маса 1000 зерен не відрізнялася і становила 25,0 г у всіх варіантах досліду.

Найвищу середню урожайність пшениці ярої сорту Миронівчанка відмічено при поливі розчином прального порошку у концентрації 0,15 г/л води – 0,43 т/га, що на 0,08 т/га більше, ніж у контролі. Разом з тим, найбільшу урожайність зафіксовано у 2025 р. у варіанті з поливом розчином 0,3 г/л води – 0,55 т/га. Це пояснюється сприятливим температурним режимом даного року, який мав порівняно позитивний вплив на підвищення продуктивності рослин.

Полив розчином прального порошку загалом позитивно вплинув на якісні показники продукції. Кращими технологічними параметрами зерна характеризувалися рослини, вирощені у варіанті 2 (0,3 г порошку на 1 л води), що є загальноприйнятою нормою під час прання в пральних машинах (табл. 2). Показник вмісту протеїну тут становив 15,61% на повітряно-суху речовину, що на 0,8% більше порівняно з контролем. Максимальний вміст клейковини в зерні (27,68%) також одержано у цьому варіанті. Ми вважаємо, що в даній поливній воді відсутні хімічні компоненти, які погіршували б особливості росту та розвитку рослин.

Аналіз біометричних показників свідчить, що висота рослин пшениці ярої сорту Миронівчанка, вирощеної в ґрунтовій ванні, залежить від концентрації прального порошку в воді (табл. 3). Порівняно вищими були рослини у варіанті, де концентрація становила 0,15 г/л води.

У варіантах, де полив здійснювався простою водою, висота рослин в середньому за два роки становила 75,2 см. Цей показник був ідентичним у варіанті з поливом концентрованим розчином прального порошку (0,30 г/л води) і становив 75,1 см. Полив розчином прального порошку у концентрації 0,15 г порошку на 1 л води також не сприяв суттєвій зміні висоти рослин; вона становила в середньому 74,6 см, що практично однаково із контролем. Максимальна висота рослин – 86,0 см була отримана у 2024 році на розбавленому розчині мийного засобу.

Агрохімічний аналіз соломи показує, що концентрація азоту, фосфору та калію певною мірою змінюється під впливом поливної води (табл. 4). Полив у концентрації 0,3 г/л практично не впливає на агрохімічні показники соломи ярої пшениці. Так, вміст фосфору у даному варіанті і на контролі становить 0,10%. Вміст калію в соломі – 2,89%, що на 0,57% більше порівняно з контролем. У варіанті, де полив здійснювали розчином прального порошку у концентрації 0,15 г порошку на 1 л води, даний показник був дещо меншим порівняно із варіантом 2.

Таблиця 1

Продуктивність зерна пшениці ярої сорту Миронівчанка залежно від якості поливної води

Варіанти досліду	Маса 1000 зерен, г (2024)	Маса 1000 зерен, г (2025)	Маса 1000 зерен, г (Середнє)	Урожайність, т/га (2024)	Урожайність, т/га (2025)	Урожайність, т/га (Середнє)
Контроль – полив водопровідною водою	24,0±0,9	26,0±0,9	25,0	0,32±0,3	0,37±0,3	0,35
Розчин прального порошку (0,3 г на 1 л води)	20,0±1,0	30,0±0,8	25,0	0,23±0,2	0,55±0,4	0,39
Розчин прального порошку (0,15 г на 1 л води)	24,0±0,9	26,0±0,9	25,0	0,51±0,4	0,35±0,3	0,43
Середнє	**22,7**	**27,3**	**25,0**	**0,35**	**0,42**	**0,39**

Таблиця 2

Технологічні показники зерна пшениці ярої сорту Миронівчанка залежно від особливостей поливної води

№	Варіант досліду	Протеїн, %	Білок, %	Клейковина, %	Крохмаль, %
1	Контроль – полив водопровідною водою	14,81	13,79	25,29	52,81
2	Розчин прального порошку (0,3 г/л води)	15,61	14,42	27,68	53,58
3	Розчин прального порошку (0,15 г/л води)	14,53	13,31	22,26	53,05
	Середнє	**14,98**	**13,84**	**25,08**	**53,10**

Таблиця 3

Висота рослин пшениці ярої сорту Миронівчанка вирощеної в ґрунтовій ванні залежно від якості поливної води, см

Варіант досліду	2024 р.	2025 р.	В середньому за 2 роки
Контроль – полив водопровідною водою	81,0	69,4	75,2
Розчин прального порошку (0,3 г на 1 л води)	80,0	70,2	75,1
Розчин прального порошку (0,15 г на 1 л води)	86,0	63,2	74,6

$НІР_{05}$ 6,2 6,8

Таблиця 4

Агрохімічна характеристика соломи пшениці ярої сорту Миронівчанка вирощеної в ґрунтовій ванні залежно від особливостей поливної води

№ п/п	Варіант досліду	Вміст N, %	Вміст P_2O_5, %	Вміст K_2O, %
1	Контроль – полив водою	0,58	0,10	2,32
2	Розчин прального порошку (0,3 г на 1 л води)	0,53	0,10	2,89
3	Розчин прального порошку (0,15 г на 1 л води)	0,22	0,06	2,47

Примітка: вміст елементів наведено у % на абсолютно суху речовину.

Таблиця .

Агрохімічний аналіз соломи пшениці ярої сорту Миронівчанка вирощеної в ґрунтовій ванні залежно від якості поливної води, мг/кг

№ п/п	Варіант досліду	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni
1	Контроль – полив водою	12,9	17,5	5,0	0,2	19,8
2	Розчин прального порошку (0,3 г/л води)	6,9	18,6	3,0	0,2	11,4
3	Розчин прального порошку (0,15 г/л води)	7,4	14,5	4,3	0,1	9,2
	ГДК	**15,0**	**50,0**	**5,0**	**5,0**	**20,0**

Важливим аспектом екологічної оцінки є характер накопичення важких металів та мікроелементів у соломі (табл. 5). За результатами досліджень встановлено наявність таких мікроелементів: Ni, Cu, Pb, Zn. У варіанті 2 з поливом концентрованим розчином прального порошку вміст купруму у соломі був на 6,0 мг/кг менше порівняно з контролем. У варіанті 3 цей показник дещо вищий, однак, як і в попередньому варіанті, не перевищує гранично допустиму концентрацію.

Збільшення цинку до 18,6 мг/кг в соломі спостерігається за поливу концентрованим розчином прального порошку у кількості 0,3 г/л води. Найменша концентрація цинку зафіксована у варіанті, де концентрація становила 0,15 г порошку на 1 л води. Накопичення кадмію і нікелю в соломі пшениці ярої сорту Миронівчанка не відмічено. Так, на контрольному варіанті і варіанті 2 показник кадмію був на одному рівні (0,2 мг/кг). Дещо меншим кадмій спостерігався у варіанті 3.

Порівняно найбільша концентрація нікелю відмічена на контрольному варіанті і становила 23,9 мг/кг, що було більше порівняно з варіантом 2 на 12,5 мг/кг і з варіантом 3 – на 14,7 мг/кг. На контролі взагалі зафіксовано найбільшу концентрацію по нікелю, свинцю і купруму. Ми вважаємо, що зменшення кількості нікелю в соломі пшениці у досліджуваних варіантах викликане взаємодією нікелю із хімічними компонентами прального порошку. Як результат, утворилися нові сполуки які нейтралізували цей елемент. Загалом концентрація важких металів і мікроелементів в соломі пшениці ярої вирощеної в ґрунтовій ванні не перевищувала гранично допустимої концентрації.

У цілому характер накопичення мікроелементів у рослинній масі пшениці ярої сорту Миронівчанка вирощеній в ґрунтовій ванні є безпечним. Отримані дані щодо впливу якості поливної води при вирощуванні ярої пшениці в умовах вегетаційного досліду свідчать, що концентрація забруднюючих речовин не перевищує їх максимально допустимий рівень.

Отримані нами експериментальні дані щодо динаміки показників родючості ґрунтів та ростових процесів ярої пшениці за використання пральних вод відображають закономірності впливу антропогенно змінених водних розчинів на агроекосистеми, що частково корелює з принципами оцінки впливу осадів стічних вод на продуктивність озимих культур, описаними у працях вітчизняних дослідників [14].

Висновки. Фізіолого-біохімічні показники та технологічні параметри зерна пшениці ярої сорту Миронівчанка, вирощеної у вегетаційному досліді, значною мірою залежали від особливостей поливної води.

Наявність у воді хімічних складових прального порошку фірми "Test automat" у кількості 0,3 г на 1 л води не погіршує фізіологічну цінність поливної води, що підтверджується як фенотипічними характеристиками рослин, так і збереженням маси 1000 зерен на середньому рівні 25,0 г.

Полив розчином прального порошку в концентрації 0,3 г/л позитивно вплинув на якість зерна: забезпечив порівняно вищий показник протеїну (15,61%, що на 0,8% більше за контроль) та максимальний вміст клейковини (27,68%).

Характер накопичення мікроелементів та важких металів у соломі пшениці ярої є безпечним і відповідає фізіолого-біохімічним нормам. Концентрація забруднюючих речовин (Ni, Cu, Pb, Zn, Cd) не перевищує гранично допустимих рівнів (ГДК), а найвищі концентрації нікелю, свинцю та купруму фіксуються на варіанті поливу звичайною водопровідною водою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Про схвалення Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 р. № 688-р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-%D1%80#Text (дата звернення: 07.07.2026).
2. ДСТУ 2730:2015. Якість води. Вода для зрошення. Агроекологічні критерії та вимоги. [Чинний від 2016-01-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2016. 24 с.
3. Eriksson E., Auffarth K., Henze M., Ledin A. Characteristics of greywater. *Urban Water*. 2002. Vol. 4, Issue 1. P. 85–104.
4. Al-Hamaiedeh H., Bino M. Effect of treated grey water reuse in irrigation on soil and plants. *Desalination*. 2010. Vol. 256, Issues 1–3. P. 115–119.
5. Меліорація та облаштування Українського Полісся : колективна монографія / за ред. Я. М. Гадзала, В. А. Сташука, А. М. Рокочинського. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. Т. 1. 923 с.
6. Фурдичко О. І., Дем'янюк О. С. Агроекологічний моніторинг у системі сталого управління агроекосистемами України. *Агроекологічний журнал*. 2020. № 2. С. 6–13.
7. Воропай Г. В., Яцик М. В., Мозоль Н. В. Сучасний стан та перспективи розвитку осушувальних меліорацій в умовах змін клімату. *Меліорація і водне господарство*. Київ, 2019. № 2. С. 31–39. DOI: 10.31073/mivg201902-180.
8. Pedrero F., Kalavrouziotis I., Alarcón J. J., Koukoulakis P., Asano T. Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture–Review of some practices in Spain and Greece. *Agricultural Water Management*. 2010. Vol. 97, Issue 9. P. 1233–1241. DOI: 10.31073/mivg201902-180.
9. Qadir M., Wichelns D., Raschid-Sally L., McCornick P. G., Drechsel P., Bahri A., Minhas P. S. The challenges of wastewater irrigation in developing countries. Agricultural Water Management. 2010. Vol. 97, Issue 4. P. 561–568. DOI: 10.1016/j.agwat.2008.11.004.
10. Garland J. L., Levine L. H., Yorio N. C., Hummerick M. E. Response of graywater recycling systems based on hydroponic plant growth to three classes of surfactants. Water Research. 2004. Vol. 38, Issue 8. P. 1952–1962. DOI: 10.1016/j.watres.2004.01.005.
11. Heidari H., Karimi S. Effect of contaminated water (handwashing detergent) on seed germination traits in wheat, mung bean, and chickpea. *Tenside Surfactants Detergents*. 2024. Vol. 61, Issue 2. P. 189–193. DOI: 10.1515/tsd-2023-2578.
12. Меліорація ґрунтів (систематика, перспективи, інновації) : колективна монографія / Я. М. Гадзало та ін. ; за ред. С. А. Балюка, І. М. Ромащенка, Р. С. Трускавецького. Херсон : Грінь Д. С., 2015. 667 с.
13. Макаренко Н. А., Бондарь В. І. Екологічна безпека агросфери як основа отримання якісної рослинницької продукції. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 8. С. 72–79.
14. Табакаєва М. Г., Дубовий В. І. Оцінка впливу осаду стічних вод каналізації на продуктивність і якість зерна пшениці озимої. *Вісник ЖНАЕУ*. Житомир, 2014. № 1 (41), т. 3. С. 245–248.

REFERENCES:

1. Kabinet Ministriv Ukrainy (2019), Pro skhvalennia Stratehii zroshennia ta drenazhu v Ukraini na period do 2030 roku [On approval of the Strategy for Irrigation and Drainage in Ukraine for the period up to 2030], Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 688-r dated 14 August 2019, available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-%D1%80#Text (Accessed 07 July 2026). [in Ukrainian].
2. DSTU 2730:2015 (2016), Zakhyst dovkillia. Yakist pryrodnoi vody dlia zroshennia. Ahronomichni kryterii [Environmental protection. Quality of natural irrigation water. Agronomical criteria], SE "UkrNDNC", Kyiv, Ukraine, 9 p. [in Ukrainian].
3. Eriksson E., Auffarth K.P.S., Henze M., Ledin A. (2002), "Characteristics of grey wastewater", Urban Water, Vol. 4, No. 1, pp. 85–104, doi: 10.1016/S1462-0758(01)00064-4.
4. Al-Hamaiedeh H., Bino M. (2010), "Effect of treated grey water reuse in irrigation on soil and plants", Desalination, Vol. 256, Issues 1–3, pp. 115–119, doi: 10.1016/j.desal.2010.02.004.
5. Hadzalo Ya.M., Stashuk V.A., Rokochynskyi A.M. (eds.) (2017), Melioratsiia ta oblashtuvannia Ukrainskoho Polissia: kolektyvna monohrafiia [Reclamation and arrangement of the Ukrainian Polissya: collective monograph], Vol. 1, OLDI-PLIUS, Kherson, Ukraine, 931 p. [in Ukrainian].
6. Furdychko O.I., Demianiuk O.S. (2020), "Ahroekolohichnyi monitorynh u systemi staloho upravlinnia ahroekosystemamy Ukrainy" [Agroecological monitoring in the system of sustainable management of agroecosystems of Ukraine], Ahroekolohichnyi zhurnal, No. 2, pp. 6–13. [in Ukrainian].
7. Voropay G.V., Yatsyk M.V., Mozol N.V. (2019), "Suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku osushuvalnykh melioratsii v umovakh zmin klimatu" [Current state and the prospects of development of drainage reclamation in a changing climate], Melioratsiia i vodne hospodarstvo, No. 2, pp. 31–39, doi: 10.31073/mivg201902-180. [in Ukrainian].
8. Pedrero F., Kalavrouziotis I., Alarcón J.J., Koukoulakis P., Asano T. (2010), "Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture–Review of some practices in Spain and Greece", Agricultural Water Management, Vol. 97, No. 9, pp. 1233–1241, doi: 10.1016/j.agwat.2010.03.003.
9. Qadir M., Wichelns D., Raschid-Sally L., McCornick P.G., Drechsel P., Bahri A., Minhas P.S. (2010), "The challenges of wastewater irrigation in developing countries", Agricultural Water Management, Vol. 97, Issue 4, pp. 561–568, doi: 10.1016/j.agwat.2008.11.004.
10. Garland J.L., Levine L.H., Yorio N.C., Hummerick M.E. (2004), "Response of graywater recycling systems based on hydroponic plant growth to three classes of surfactants", Water Research, Vol. 38, Issue 8, pp. 1952–1962, doi: 10.1016/j.watres.2004.01.005.
11. Heidari H., Karimi S. (2024), "Effect of contaminated water (handwashing detergent) on seed germination traits in wheat, mung bean, and chickpea", Tenside Surfactants Detergents, Vol. 61, No. 2, pp. 189–193, doi: 10.1515/tsd-2023-2578.
12. Baliuk S.A., Romashchenko I.M., Truskavetskyi R.S. (eds.) (2015), Melioratsiia gruntiv (systematyka, perspektyvy, innovatsii): kolektyvna monohrafiia [Soil reclamation (systematics, prospects, innovations): collective monograph], Hrin D.S., Kherson, Ukraine, 667 p. [in Ukrainian].
13. Makarenko N.A., Bondar V.I. (2019), "Ekolohichna bezpeka ahrosfery yak osnova otrymannia yakisnoi roslynnytskoi produktsii" [Environmental safety of the agrosphere as a basis for obtaining high-quality crop products], Visnyk ahrarnoi nauky, No. 8, pp. 72–79. [in Ukrainian].
14. Tabakaieva M.H., Dubovyi V.I. (2014), "Otsinka vplyvu osadu stichnykh vod kanalizatsii na produktyvnist i yakist zerna pshenytsi ozymoi" [Assessment of the effect of sewage sludge on the productivity and quality of winter wheat grain], Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroekolohichnoho universytetu, No. 1 (41), Vol. 3, pp. 245–248. [in Ukrainian].

Дубовий В.І., Кліщенко С.В., Будак О.О., Шулько О.П., Зеленець С.В. Вплив миючих засобів в поливній воді на продуктивність і хімічний склад зерна та соломи пшениці ярої

Досліджено вплив використаного розчину прального порошку (пральної води) на продуктивність, технологічні показники якості зерна та хімічний склад соломи пшениці ярої сорту Миронівчанка. Метою роботи було оцінити реакцію рослин на полив пральною водою різної концентрації та визначити можливість її використання як альтернативного джерела зволоження за дефіциту водних ресурсів. Дослідження проводили протягом двох років в умовах вегетаційного досліду в ґрунтовій ванні. Схема включала контроль із поливом водопровідною водою та варіанти з використанням розчину прального порошку двох концентрацій. Оцінювали фенотипічний стан і висоту рослин, масу зерна та урожайність, технологічні показники його якості, а також уміст основних елементів живлення, важких металів і мікроелементів у соломі.

Установлено, що використання досліджуваних розчинів не спричиняло видимих ознак токсичного впливу на ріст і розвиток пшениці. Маса зерна та висота рослин загалом залишалися на рівні контрольного варіанта. Застосування менш концентрованого розчину забезпечувало найвищу середню урожайність за період досліджень, тоді як полив розчином більшої концентрації позитивно позначався на технологічній якості зерна, зокрема на вмісті протеїну та клейковини. Агрохімічний аналіз соломи засвідчив зміни в накопиченні окремих елементів живлення залежно від складу поливної води. Водночас уміст досліджених важких металів і мікроелементів не перевищував гранично допустимих концентрацій, а для низки елементів у варіантах із пральною водою їх накопичення було нижчим порівняно з контролем.

Отримані результати свідчать, що в умовах проведеного вегетаційного досліду полив водою, яка містила досліджувані концентрації прального порошку, не погіршував основних показників росту та продуктивності пшениці ярої й не зумовлював надмірного накопичення досліджених важких металів у соломі. Це обґрунтовує доцільність подальшого вивчення можливостей повторного використання побутових пральних вод у системах зрошення з обов'язковим урахуванням їхнього хімічного складу та тривалості застосування.

Ключові слова: ґрунтова ванна, розчин прального порошку, технологічна якість, хімічний склад соломи, аніонні ПАР, важкі метали.

Dubovyi V.I., Klishchenko S.V., Budak O.O., Shulko O.P., Zelenets S.V. Effect of Detergents in Irrigation Water on the Productivity and Chemical Composition of Spring Wheat Grain and Straw

The effects of used laundry detergent solution (laundry greywater) on the productivity, technological grain quality, and chemical composition of spring wheat straw of the Myronivchanka cultivar were investigated. The study aimed to assess plant responses to irrigation with laundry greywater of different concentrations and to evaluate its potential use as an alternative water source under conditions of water scarcity. The research was conducted over two years as a vegetation experiment in a soil tub. The experimental design included a control treatment irrigated with tap water and two treatments irrigated with laundry detergent solutions of different concentrations. Plant phenotype and height, grain weight and yield, technological grain quality parameters, as well as the contents of major nutrients, heavy metals, and trace elements in the straw were evaluated.

The results showed that the tested solutions did not cause visible signs of toxic effects on the growth and development of spring wheat. Grain weight and plant height generally remained comparable to the control. Irrigation with the less concentrated solution resulted in the highest average grain yield over the study period, whereas the higher detergent concentration had a positive effect on technological grain quality, particularly on protein and gluten contents. Agrochemical analysis of the straw revealed changes in the accumulation of individual nutrients depending on the composition of the irrigation water. At the same time, the concentrations of the analysed heavy metals and trace elements did not exceed the maximum permissible levels, while the accumulation of several elements was lower in the laundry greywater treatments than in the control.

The findings indicate that, under the conditions of the vegetation experiment, irrigation with water containing the tested concentrations of laundry detergent did not adversely affect the main growth and productivity parameters of spring wheat and did not result in excessive accumulation of the analysed heavy metals in the straw. These results support the need for further investigation into the potential reuse of household laundry greywater in irrigation systems, with particular consideration of its chemical composition and the duration of application.

Key words: soil tub, laundry detergent solution, technological quality, straw chemical composition, anionic surfactants, heavy metals.

Дата першого надходження статті до видання: 02.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 633.854.78:631.53.01:631.461.5:631.5
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.10

ФОРМУВАННЯ БІНАРНОЇ КОМПОЗИЦІЇ ДІАЗОТРОФІВ ТА ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ В АГРОЦЕНОЗІ СОНЯШНИКУ

ДУКА О.С. – аспірант
orcid.org/0009-0006-5138-2805
Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України
КОЗАР С.Ф. – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0003-1341-5603
Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України,
Національний університет «Чернігівська політехніка»
ВОРОБЕЙ Ю.О. – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник,
orcid.org/0000-0003-4505-6676
Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України
ЛОГОША О.В. – доктор філософії з агрономії
orcid.org/0000-0002-4725-9381
Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України
Національний університет «Чернігівська політехніка»
БІЛОКОНСЬКА О.М. – доктор філософії з агрономії
orcid.org/0000-0001-5080-7302
Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Соняшник (*Helianthus annuus* L.) належить до провідних олійних культур світового землеробства та має стратегічне значення для аграрного сектору України [8]. Упродовж тривалого періоду валові збори насіння у вітчизняному землеробстві нарощували переважно шляхом розширення посівних площ, що нерідко супроводжувалося порушенням науково обґрунтованого чергування культур у сівозмінах. Часте повернення соняшнику на попереднє місце вирощування підвищує навантаження на водні й поживні ресурси ґрунту та погіршує фітосанітарний стан агроценозу. За обмежених можливостей подальшого екстенсивного розширення посівів пріоритетного значення набувають елементи біологізації технології, зокрема застосування бактеріальних біоінокулянтів, спрямованих на підвищення продуктивності культури та зменшення залежності від агрохімічних ресурсів [20].

Важливим інструментом такої оптимізації є біологізація землеробства, зокрема застосування мікробних препаратів на основі ґрунтових азотфіксувальних мікроорганізмів, які відіграють ключову роль у процесах біологічної трансформації азоту в ґрунтах [1]. Інтродукція агрономічно корисних бактерій дає змогу оптимізувати живлення рослин і стимулювати їхній ріст. Проте результативність застосування біологічних засобів у відкритих агроекосистемах характеризується значною мінливістю. Ефективність інокулянтів залежить не лише від вихідних властивостей штамів, а й від їхньої сумісності у полікомпонентних препаратах, оптимізації бактеріального навантаження, а також від сукупної дії абіотичних і технологічних факторів.

На приживання та функціонування інтродукованих мікроорганізмів впливають базові елементи технології, зокрема способи основного обробітку ґрунту та системи хімічного контролю бур'янів. Механічний обробіток змінює гідрофізичний режим і просторову організацію ґрунту [22], а також вертикальний розподіл мікробних угруповань [23]. Гербіциди можуть впливати на ґрунтову мікробіоту [21, 24], а також на біометричні показники і врожайність соняшнику [6]. Тому формування ефективної мікробної композиції вимагає комплексного підходу: від лабораторного добору біоагентів та обґрунтування їхнього співвідношення до оцінювання дії композиції на рослини й культивовані групи ризосферних мікроорганізмів у польових умовах за різних агротехнологічних фонів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Потенціал діазотрофів родів *Azotobacter* і *Azospirillum* як агентів біологізації рослинництва широко висвітлено в агрономічній літературі [9]. Вільноживучі бактерії роду *Azotobacter*, зокрема *A. chroococcum*, характеризуються аеробним метаболізмом, здатністю утворювати стійкі цисти, фіксувати атмосферний азот і продукувати фітогормони [9]. Коренеасоційовані азоспірили, зокрема *A. brasilense*, здатні взаємодіяти з рослиною та стимулювати морфогенез її кореневої системи завдяки синтезу індол-3-оцтової кислоти [12]. Сучасні дослідження також підтверджують

© Дука О.С., Козар С.Ф., Воробей Ю.О., Логоша О.В., Білоконська О.М., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

перспективність виділення й характеризування рістстимулювальних ризобактерій безпосередньо з ризосфери соняшнику для створення нових мікробних препаратів [14]. Відмінності функціональних стратегій цих бактерій створюють передумови для їхнього взаємодоповнення. Метааналітичні дослідження вказують на те, що мікробні консорціуми та бінарні композиції часто забезпечують кращий рістстимулювальний ефект порівняно з моноінокулянтами. Водночас перевага таких поєднань не є автоматичною: ефективність консорціумів залежить від властивостей і сумісності компонентів, а також від умов їх функціонування [17, 18].

У польових умовах структура мікробіоценозу ризосфери істотно залежить від ґрунтово-екологічних умов конкретного поля [19], що необхідно враховувати під час оцінювання ефективності інокулянтів. Системи основного обробітку ґрунту, зокрема традиційна оранка порівняно зі зменшеним обробітком, впливають на поровий простір, гідрофізичні властивості та розподіл пожнивних решток, модифікуючи умови розвитку аборигенної й інтродукованої мікробіоти [22, 23]. Додатковим фактором є система гербіцидного захисту. Гербіциди можуть впливати на ґрунтову біоту та її функціонування [21, 24]. Наприклад, залишки імідазолінонових гербіцидів здатні модифікувати бактеріальні угруповання ризосфери залежно від фази розвитку рослин [11], а післясходове застосування окремих препаратів може спричиняти у гібридів соняшнику транзиторне пригнічення ростових процесів та інтенсивності фотосинтезу [10].

Раніше нами було встановлено вплив гербіцидних схем і способів основного обробітку ґрунту на потенційну азотфіксувальну активність ризосфери та врожайність соняшнику [4]. За післясходової гербіцидної схеми нижчі показники продуктивності спостерігали попри високі значення потенційної азотфіксувальної активності. Проте не було висвітлено формування бінарної композиції. Зокрема, не наведено результати первинного лабораторного й вегетаційного добору штамів, установлення робочого співвідношення компонентів і бактеріального навантаження за показниками проростання насіння, а також детального оцінювання впливу композиції на ранній розвиток проростків, біометричні показники рослин і чисельність культивованих еколого-трофічних груп мікроорганізмів ризосфери соняшнику за різних агротехнологічних фонів.

Мета статті. Обґрунтувати формування бінарної композиції діазотрофів на основі штамів *A. chroococcum* 2.1 та *A. brasilense* 137, а також оцінити дію композиції за показниками росту й розвитку соняшнику та чисельністю культивованих груп мікроорганізмів ризосфери за різних способів основного обробітку ґрунту і гербіцидних схем.

Матеріали та методика досліджень. Лабораторні та вегетаційні експерименти проводили на базі Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН. Польові дослідження закладали в умовах зони Полісся України на базі ТОВ «Деснянські зорі» (с. Ковчин Куликівської селищної територіальної громади Чернігівського району Чернігівської області) у 2021, 2024 та 2025 роках. У цій статті наведено результати польового досліду за 2025 р., а раніше опубліковані дані урожайності за цей рік [4] використано для їх зіставлення з біометричними та мікробіологічними показниками.

Об'єктом досліджень у польовому експерименті був високоолеїновий гібрид соняшнику СІ Експерто, стійкий до гербіцидів технології Clearfield®. Для створення бінарної композиції діазотрофів використовували штами азотфіксувальних бактерій *A. chroococcum* та *A. brasilense* із робочої колекції лабораторії фізіології мікроорганізмів. Для порівняння з відомими штамами на першому етапі здійснювали лабораторний скринінг ізолятів із ризосферного ґрунту соняшнику. Ідентифікацію культур проводили за культурально-морфологічними ознаками згідно з визначником Берджі [13].

Для добору перспективної пари діазотрофів закладали вегетаційний дослід із 20 варіантами, що включав контроль (оброблення водою), 7 монокультур та 12 бінарних поєднань. Дослід проводили у вегетаційних посудинах об'ємом 7 л, які вміщували 5 кг дерново-підзолистого легкосуглинкового ґрунту з дослідної ділянки (pH 6,39; вміст гумусу 1,4 %). Зразки ризосферного ґрунту відбирали, а суху масу рослин визначали на початку бутонізації. Потенційну азотфіксувальну активність (ПАА) визначали ацетиленовим методом [5] на газовому хроматографі Chrom-4 із полум'яно-іонізаційним детектором після інкубації 3 г ґрунту у флаконах із модифікованим середовищем *Nfb* [4]. Дослід проводили у шести повтореннях.

Співвідношення компонентів і бактеріальне навантаження композиції оптимізували в лабораторних умовах шляхом порівняння досліджених варіантів. Насіння соняшнику пророщували в чашках Петрі у термостатах за постійної температури 20 °С. Енергію проростання визначали на 4-ту добу, а лабораторну схожість і довжину головного корінця – на 7-му добу згідно зі стандартом [2]. Суху масу проростків визначали ваговим методом після висушування до постійної маси. Критеріями вибору робочих параметрів композиції були максимальні середні значення зазначених показників.

Ґрунт дослідної ділянки дерново-підзолистий легкосуглинковий. Агрохімічна характеристика орного шару: вміст гумусу – 1,4 %; pH – 6,39; вміст загального азоту – 16,35 мг/кг ґрунту; рухомого фосфору за Кірсановим – 93,5 мг/кг ґрунту; обмінного калію за Масловою – 64,08 мг/кг ґрунту. Попередник – кукурудза. Сівбу проводили у травні з міжряддям 70 см і нормою висіву 62 тис. насінин/га. Польовий дослід закладали методом розщеплених ділянок. Площа облікової ділянки становила 360 м^2. Дослід проводили у чотирьох повтореннях.

Схема польового досліду передбачала поєднання двох способів основного обробітку ґрунту (глибокого рихлення та оранки), двох гербіцидних схем (застосування досходових ґрунтових гербіцидів і післясходового гербіциду) та двох варіантів передпосівної бактеризації (без бактеризації та з бактеризацією бінарною композицією *A. chroococcum* 2.1 + *A. brasilense* 137), що формувало вісім варіантів досліду. Передпосівну бактеризацію насіння здійснювали водними суспензіями штамів менш ніж за добу до сівби. Культури змішували у співвідношенні 1:1. Загальне бактеріальне навантаження композиції становило 1,28×10^5 колонієутворювальних одиниць (КУО) на насінину за розведення вихідної суспензії 1:10.

Глибоке рихлення проводили на глибину 38–40 см, оранку – до 28 см. Застосовували бакову суміш досходових ґрунтових гербіцидів (ДҐГ): Сора-нет (1,8 л/га) і Перун (1,6 л/га), а також післясходовий гербіцид (ПГ) Каптора (1,0 л/га). Біометричні показники визначали за рослинами, відібраними з пробних снопів у чотирьох повтореннях; обліковували діаметр кошика, кількість листків і площу листкової поверхні. Відповідність насіння встановленим технічним вимогам оцінювали за ДСТУ 7011:2009 [3], а натуру насіння визначали відповідно до «Методики державного сортовипробування сільськогосподарських культур» [7].

Для мікробіологічних аналізів у фазі цвітіння соняшнику відбирали зразки ризосферного ґрунту [5]. Чисельність культивованих груп визначали методом серійних розведень і глибинного висіву ґрунтової суспензії: азотфіксувальні групи – на середовищах Ешбі та Доберейнер; мікроорганізми, що використовують органічні й мінеральні форми азоту, – на м'ясо-пептонному агарі (МПА) та крохмале-аміачному агарі (КАА) відповідно; мікроскопічні гриби – на середовищі Чапека [5].

Статистичну обробку експериментальних даних проводили із застосуванням загальноприйнятих методів планування та аналізу експериментів [15, 16]. Розраховували середні значення, стандартну похибку середнього, а для порівняння середніх значень урожайності обчислювали найменшу істотну різницю ($НІР_{05}$).

Результати досліджень. На першому етапі провели первинний скринінг 53 ізолятів із ризосферного ґрунту соняшнику. Високий рівень нітрогеназної активності виявлено у 9,4 % культур; п'ять найактивніших ізолятів відібрали для подальшого вивчення та порівняння з відомими активними штамами. У вегетаційному досліді оцінювали окремі штами та їхні бінарні поєднання для добору перспективної композиції (табл. 1).

У варіантах із мікроорганізмами значення ПАА ризосферного ґрунту та сухої маси рослин були вищими, ніж у контролі. Найвищі середні значення обох показників серед досліджених варіантів отримано за застосування композиції *A. chroococcum* 2.1 + *A. brasilense* 137. Для цієї пари ПАА становила 46,7 нмоль C_2H_4/(г сухого ґрунту·год), а суха маса рослин – 11,8 г/посудину, що відповідно на 108,5 % і 47,5 % перевищувало контрольні значення. Представники родів *Azotobacter* і *Azospirillum* відрізняються функціональними стратегіями [9, 12], що створює передумови для їхнього взаємодоповнення. Середні показники нововиділених ізолятів у вегетаційному досліді були нижчими, ніж у вибраного поєднання колекційних штамів. Тому композицію *A. chroococcum* 2.1 + *A. brasilense* 137 відібрали для наступного етапу досліджень.

Полікомпонентний склад сам по собі не гарантує переваги над моноінокуляцією, а надмірне бактеріальне навантаження може посилювати конкуренцію за субстрат або індукувати захисні реакції рослини [18]. Тому наступним етапом було встановлення робочого співвідношення штамів і бактеріального навантаження композиції за показниками проростання насіння. Серед досліджених варіантів найвищі середні значення лабораторної схожості (98 %), енергії проростання (97 %), довжини головного корінця (7,3 см) і сухої маси проростків (0,16 г) отримано за співвідношення *A. chroococcum* 2.1 та

Таблиця 1

Вплив діазотрофів на потенційну азотфіксувальну активність та суху масу рослин соняшнику у вегетаційному досліді

Варіант досліду	ПАА, нмоль C_2H_4/ г сухого ґрунту за годину	Суха маса рослин, г/посудину
Контроль, вода	22,4 ± 1,2	8,0 ± 0,4
A. chroococcum 2.1	30,1 ± 1,1	10,2 ± 0,6
A. vinelandii B221	31,2 ± 0,9	9,9 ± 0,9
Azotobacter sp. П14	29,5 ± 3,3	9,7 ± 1,7
Azotobacter sp. П31	24,9 ± 1,3	8,9 ± 0,8
A. brasilense B23	27,4 ± 2,3	9,0 ± 1,4
A. brasilense B102	32,8 ± 1,6	9,5 ± 0,6
A. brasilense 137	31,9 ± 1,2	10,1 ± 0,7
A. chroococcum 2.1 + *A. brasilense* B23	41,2 ± 1,0	11,2 ± 1,0
A. chroococcum 2.1 + *A. brasilense* B102	35,1 ± 2,1	10,9 ± 0,8
A. chroococcum 2.1 + *A. brasilense* 137	46,7 ± 3,0	11,8 ± 2,1
A. vinelandii B221 + *A. brasilense* B23	33,0 ± 1,0	10,3 ± 1,3
A. vinelandii B221 + *A. brasilense* B102	25,0 ± 0,7	10,4 ± 0,9
A. vinelandii B221 + *A. brasilense* 137	31,9 ± 0,8	10,3 ± 1,9
Azotobacter sp. П14 + *A. brasilense* B23	23,3 ± 2,2	8,2 ± 0,7
Azotobacter sp. П14 + *A. brasilense* B102	35,1 ± 1,2	10,8 ± 0,5
Azotobacter sp. П14 + *A. brasilense* 137	27,8 ± 0,6	9,7 ± 0,2
Azotobacter sp. П31 + *A. brasilense* B23	28,7 ± 1,3	8,9 ± 1,5
Azotobacter sp. П31 + *A. brasilense* B102	30,7 ± 1,2	9,3 ± 1,0
Azotobacter sp. П31 + *A. brasilense* 137	27,9 ± 1,9	10,5 ± 0,9

A. brasilense 137 як 1:1 і загального бактеріального навантаження 1,28×10^5 КУО/насінину. За інших досліджених співвідношень і навантажень середні значення цих показників були нижчими.

Виявлена реакція проростків узгоджується з відомою здатністю ріcтстимулювальних бактерій продукувати біологічно активні речовини, зокрема ауксини, гібереліни й цитокініни [9, 20]. Дію створеної композиції у відкритій агроекосистемі оцінювали за змінами культивованої мікробіоти ризосфери та показниками рослин на різних агротехнологічних фонах.

На всіх агротехнологічних фонах за бактеризації середні значення чисельності мікроорганізмів на середовищах Ешбі (15,7–28,2×10^6 КУО/г ґрунту) та Доберейнер (12,7–23,9×10^6 КУО/г ґрунту), а також частка обростання ґрунтових грудочок (93,3–100,0 %) були вищими, ніж у відповідних варіантах без бактеризації (табл. 2).

Оскільки використані поживні середовища є елективними, отримані результати вказують на вищі культуральні показники відповідних еколого-трофічних груп мікробіоти, що цілком узгоджується з функціональним профілем інтродукованих бактерій.

Середні значення чисельності інших культивованих еколого-трофічних груп мікроорганізмів ризосфери також варіювали залежно від агротехнологічного фону (табл. 3).

Середні значення чисельності бактерій, що використовують органічні форми азоту на МПА та мінеральні форми азоту на КАА, варіювали залежно від способу обробітку ґрунту і гербіцидної схеми. Це узгоджується з даними про вплив обробітку ґрунту та гербіцидів на структуру ґрунтових мікробних угруповань [22–25]. На середовищі Чапека середні значення чисельності мікроскопічних грибів у всіх бактеризованих варіантах становили 3,6–5,5×10^4 КУО/г ґрунту порівняно з 1,3–2,9×10^4 КУО/г ґрунту без бактеризації. Такі зміни не слід однозначно трактувати як розвиток патогенної мікробіоти, проте можна припустити, що це є наслідком змін у складі та обсягах кореневих ексудатів стимульованих рослин, що формують нові трофічні ніші в ризосфері.

Таблиця 2

Культуральні показники діазотрофних груп у ризосферному ґрунті соняшнику за різних агротехнологічних фонів (фаза цвітіння), 2025 р.

Варіант досліду	Чисельність на середовищі Ешбі, 10^6 КУО/г ґрунту	Обростання ґрунтових грудочок на середовищі Ешбі, %	Чисельність на середовищі Доберейнер, 10^6 КУО/г ґрунту
Без бактеризації			
Глибоке рихлення + ДҐГ	11,5 ± 0,9	70,0 ± 2,9	6,9 ± 1,1
Оранка + ДҐГ	7,7 ± 1,7	56,7 ± 3,3	10,3 ± 0,2
Глибоке рихлення + ПГ	18,8 ± 2,0	88,3 ± 4,4	7,9 ± 0,2
Оранка + ПГ	12,8 ± 0,4	43,3 ± 7,3	7,4 ± 0,4
Бактеризація *A. chroococcum* 2.1 + *A. brasilense* 137			
Глибоке рихлення + ДҐГ	25,5 ± 4,9	100,0 ± 0,0	12,7 ± 2,8
Оранка + ДҐГ	15,7 ± 2,8	93,3 ± 4,4	17,4 ± 1,0
Глибоке рихлення + ПГ	28,2 ± 2,7	100,0 ± 0,0	23,9 ± 4,7
Оранка + ПГ	25,8 ± 5,0	98,3 ± 1,6	19,8 ± 2,2

Таблиця 3

Чисельність культивованих мікроорганізмів, що використовують органічні й мінеральні форми азоту, та мікроскопічних грибів у ризосферному ґрунті соняшнику за різних агротехнологічних фонів (фаза цвітіння), 2025 р.

Варіант досліду	Чисельність мікроорганізмів на МПА, 10^7 КУО/г ґрунту	Чисельність мікроорганізмів на КАА, 10^7 КУО/г ґрунту	Чисельність мікроскопічних грибів на середовищі Чапека, 10^4 КУО/г ґрунту
Без бактеризації			
Глибоке рихлення + ДҐГ	1,9 ± 0,2	6,7 ± 1,3	1,3 ± 0,2
Оранка + ДҐГ	8,5 ± 1,1	11,3 ± 0,7	2,9 ± 0,8
Глибоке рихлення + ПГ	8,3 ± 0,5	6,0 ± 1,0	2,4 ± 0,4
Оранка + ПГ	10,6 ± 0,3	4,4 ± 0,4	1,5 ± 0,1
Бактеризація *A. chroococcum* 2.1 + *A. brasilense* 137			
Глибоке рихлення + ДҐГ	11,0 ± 0,5	4,4 ± 1,7	3,6 ± 0,4
Оранка + ДҐГ	8,7 ± 0,6	11,0 ± 0,3	3,7 ± 0,8
Глибоке рихлення + ПГ	8,5 ± 0,5	9,6 ± 0,7	5,5 ± 0,7
Оранка + ПГ	10,4 ± 1,1	10,3 ± 0,4	4,5 ± 0,9

Варіанти досліду також відрізнялися за середніми біометричними показниками рослин і фізичними властивостями насіння (табл. 4). Для всіх наведених параметрів (діаметр кошика, кількість листків, площа листкової поверхні та натура насіння) середні значення у бактеризованих варіантах були вищими, ніж у відповідних варіантах без бактеризації. Найвищі середні значення отримано за поєднання бактеризації, глибокого рихлення та досходових ґрунтових гербіцидів. Такий результат може бути пов'язаний із формуванням сприятливіших ґрунтово-фізичних умов за глибокого рихлення [22].

Передпосівна бактеризація підвищила урожайність на всіх агрофонах на 0,26–0,48 т/га, або на 13,8–24,1 %. Найвищу урожайність 2,47 т/га та найбільший її приріст 0,48 т/га одержано за поєднання бактеризації з глибоким рихленням і досходовими ґрунтовими гербіцидами (рис. 1).

Нижчі середні біометричні показники та врожайність на агрофонах із післясходовим гербіцидом, попри високі культуральні показники діазотрофних груп, можуть бути пов'язані з комплексною дією системи захисту. За даними фізіологічних досліджень, застосування імідазолінонових препаратів по вегетації може спричиняти у гібридів соняшнику транзиторне пригнічення ростових процесів та інтенсивності фотосинтезу [10].

Отже, дія бінарної композиції у польових умовах варіювала залежно від поєднання способу основного

Таблиця 4

Біометричні показники та фізичні властивості насіння соняшнику за бактеризації, різних способів обробітку ґрунту та гербіцидних схем, 2025 р.

Варіант досліду	Діаметр кошика, см	Кількість листків, шт./росл.	Площа листкової поверхні, см²/росл.	Натура насіння, г/л
Без бактеризації				
Глибоке рихлення + ДҐГ	25,2 ± 0,8	30,1 ± 1,2	6425,8 ± 210,4	395,4 ± 4,2
Оранка + ДҐГ	24,6 ± 0,9	28,6 ± 1,1	6384,2 ± 198,6	391,2 ± 4,5
Глибоке рихлення + ПГ	23,4 ± 0,7	26,5 ± 1,0	6285,4 ± 185,2	386,5 ± 3,8
Оранка + ПГ	23,8 ± 0,8	27,2 ± 0,9	6338,5 ± 192,8	388,6 ± 4,1
Бактеризація *A. chroococcum* 2.1 + *A. brasilense* 137				
Глибоке рихлення + ДҐГ	29,8 ± 1,1	32,5 ± 1,4	6845,2 ± 245,5	418,5 ± 5,1
Оранка + ДҐГ	28,3 ± 1,0	31,4 ± 1,2	6612,8 ± 228,4	412,6 ± 4,8
Глибоке рихлення + ПГ	27,9 ± 0,9	30,8 ± 1,3	6580,4 ± 215,6	411,2 ± 4,5
Оранка + ПГ	26,8 ± 0,8	29,6 ± 1,1	6495,6 ± 205,2	408,4 ± 4,2

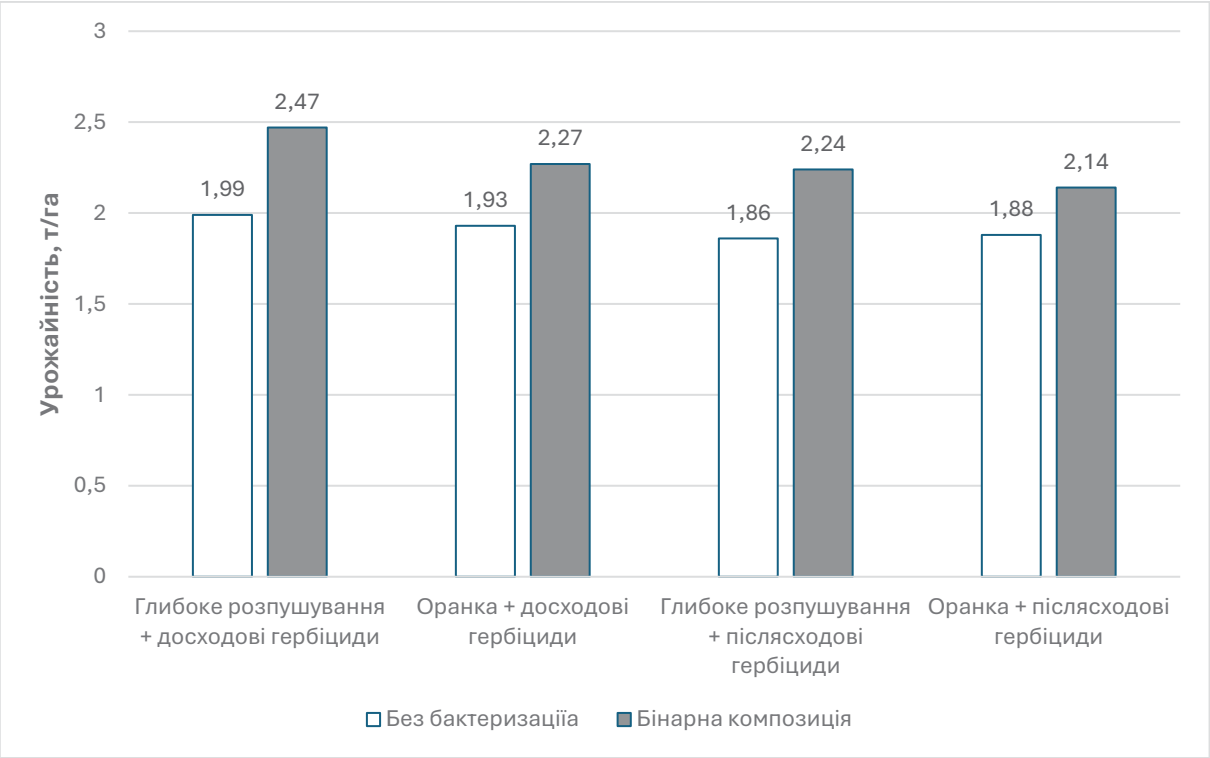


Рис. 1. Урожайність соняшнику залежно від агрофону та передпосівної бактеризації бінарною композицією A. chroococcum 2.1 + A. brasilense 137 у 2025 р. ($НІР_{05}$ = 0,12 т/га)

обробітку ґрунту та гербіцидної схеми. За сукупністю середніх мікробіологічних і біометричних показників найбільш сприятливим серед досліджених було поєднання бактеризації з глибоким рихленням та досходовим гербіцидним захистом. Одержані дані дають підстави розглядати композицію *A. chroococcum* 2.1 + *A. brasilense* 137 як перспективний елемент біологізації технології вирощування соняшнику на дерново-підзолистому ґрунті Полісся.

Висновки. Серед досліджених окремих штамів і бінарних поєднань композиція *A. chroococcum* 2.1 + *A. brasilense* 137 забезпечувала найвищі середні значення потенційної азотфіксувальної активності – 46,7 нмоль C_2H_4/(г сухого ґрунту·год), а також сухої маси рослин – 11,8 г/посудину.

У межах досліджених варіантів як робочі параметри композиції обрано співвідношення штамів 1:1 та загальне бактеріальне навантаження $1{,}28\times10^5$ КУО/насінину. За цих параметрів отримано найвищі середні значення лабораторної схожості, енергії проростання, довжини головного корінця і сухої маси проростків.

У фазі цвітіння соняшнику значення чисельності мікроорганізмів на середовищах Ешбі та Доберейнер, а також мікроскопічних грибів на середовищі Чапека у бактеризованих варіантах були вищими, ніж у відповідних варіантах без бактеризації. Чисельність мікроорганізмів, що використовують органічні й мінеральні форми азоту, варіювала залежно від агротехнологічного фону.

В умовах дерново-підзолистого легкосуглинкового ґрунту Полісся найвищі середні біометричні показники, зокрема площу листкової поверхні 6845,2 см^2/рослину та діаметр кошика 29,8 см, а також найвищі значення натури насіння і врожайності отримано за поєднання бактеризації, глибокого рихлення та досходових ґрунтових гербіцидів.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні впливу розробленої бінарної композиції на біохімічні показники якості насіння соняшнику, а також в оцінюванні її технологічної сумісності з біологічними препаратами фунгіцидної дії. Крім того, зважаючи на те, що отримані результати є специфічними для дерново-підзолистих ґрунтів зони Полісся, для широкого впровадження бінарної композиції в інших агрокліматичних зонах України доцільно провести додаткові випробування, що дозволить урахувати варіативність ґрунтово-кліматичних та агроекологічних умов.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Волкогон В. В. Процеси біологічної трансформації азоту в ґрунтах (огляд літератури). *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2026. Вип. 43. С. 3–32. DOI: 10.35868/1997-3004.43.3-32
2. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначання якості. [Чинний від 2004-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.
3. ДСТУ 7011:2009. Соняшник. Технічні умови. [Чинний від 2010-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 11 с.
4. Дука О. С., Козар С. Ф., Воробей Ю. О., Логоша О. В., Білоконська О. М. Ефективність бактеризації соняшнику діазотрофами за дії різних гербіцидів і способів обробітку ґрунту. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2025. Вип. 42. С. 72–82. DOI: 10.35868/1997-3004.42.72-82
5. Експериментальна ґрунтова мікробіологія : монографія / за ред. В. В. Волкогона. Київ : Аграрна наука, 2010. 464 с. ISBN 978-966-540-300-5.
6. Мазур С. О., Матусевич Г. Д. Вплив ґрунтових гербіцидів на біометричні показники та врожайність соняшнику. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 1. С. 90–96. DOI: 10.33730/2310-4678.1.2023.278544
7. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Вип. 1. Загальна частина / за ред. В. В. Волкодава. Київ : Алефа, 2000. 100 с.
8. Сидякіна О. В., Гамаюнова В. В. Сучасний стан та перспективи виробництва насіння соняшнику. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 131. С. 196–204. DOI: 10.32782/2226-0099.2023.131.25
9. Nitrogen fixing *Azotobacter* species as potential soil biological enhancers for crop nutrition and yield stability / A. Aasfar et al. *Frontiers in Microbiology*. 2021. Vol. 12. Art. 628379. DOI: 10.3389/fmicb.2021.628379
10. Photosynthetic performance of the imidazolinone resistant sunflower exposed to single and combined treatment by the herbicide imazamox and an amino acid extract / D. A. Balabanova et al. *Frontiers in Plant Science*. 2016. Vol. 7. Art. 1559. DOI: 10.3389/fpls.2016.01559
11. The rhizosphere bacteriome is modified by wheat genotype and growth stage under increased imidazolinone herbicide residues / B. B. Dzoma et al. *Biology and Fertility of Soils*. 2025. Vol. 61. P. 717–733. DOI: 10.1007/s00374-025-01890-9
12. Fukami J., Cerezini P., Hungria M. *Azospirillum*: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. *AMB Express*. 2018. Vol. 8. Art. 73. DOI: 10.1186/s13568-018-0608-1
13. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology* / G. M. Garrity et al. 2nd ed. Vol. 2, Part B: The Gammaproteobacteria; Part C: The Alpha-, Beta-, Delta-, and Epsilonproteobacteria. New York : Springer, 2005. DOI: 10.1007/0-387-28022-7; 10.1007/0-387-29298-5
14. Güler M., Öğütcü H. Isolation and characterization of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) from rhizosphere of *Helianthus annuus* L. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*. 2024. Vol. 8, № 2. P. 412–429. DOI: 10.31015/jaefs.2024.2.16
15. Hinkelmann K., Kempthorne O. *Design and Analysis of Experiments. Vol. 2: Advanced Experimental Design*. 1st ed. Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, 2005. 780 p. DOI: 10.1002/0471709948
16. Hinkelmann K., Kempthorne O. *Design and Analysis of Experiments. Vol. 1: Introduction to Experimental Design*. 2nd ed. Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, 2008. 631 p. DOI: 10.1002/9780470191750
17. Liu X., Mei S., Falcão Salles J. Inoculated microbial consortia perform better than single strains in living soil: A meta-analysis. *Applied Soil Ecology*. 2023. Vol. 190. Art. 105011. DOI: 10.1016/j.apsoil.2023.105011
18. Menéndez E., Paço A. Is the application of plant probiotic bacterial consortia always beneficial for plants? Exploring synergies between rhizobial and non-rhizobial bacteria and their effects on agro-economically valuable crops. *Life*. 2020. Vol. 10, № 3. Art. 24. DOI: 10.3390/life10030024

19. Nwachukwu B. C., Ayangbenro A. S., Babalola O. O. Comparative study of microbial structure and functional profile of sunflower rhizosphere grown in two fields. *BMC Microbiology*. 2021. Vol. 21. Art. 337. DOI: 10.1186/s12866-021-02397-7
20. Plant growth-promoting bacteria as bioinoculants: Attributes and challenges for sustainable crop improvement / M. del C. Orozco-Mosqueda et al. *Agronomy*. 2021. Vol. 11, № 6. Art. 1167. DOI: 10.3390/agronomy11061167
21. Impact of herbicides on soil biology and function / M. T. Rose et al. *Advances in Agronomy*. 2016. Vol. 136. P. 133–220. DOI: 10.1016/bs.agron.2015.11.005
22. Schlüter S., Großmann C., Diel J., Wu G.-M., Tischer S., Deubel A., Rücknagel J. Long-term effects of conventional and reduced tillage on soil structure, soil ecological and soil hydraulic properties. *Geoderma*. 2018. Vol. 332. P. 10–19. DOI: 10.1016/j.geoderma.2018.07.001
23. Sun R., Li W., Dong W., Tian Y., Hu C., Liu B. Tillage changes vertical distribution of soil bacterial and fungal communities. *Frontiers in Microbiology*. 2018. Vol. 9. Art. 699. DOI: 10.3389/fmicb.2018.00699
24. Thiour-Mauprivez C., Martin-Laurent F., Calvayrac C., Barthelmebs L. Effects of herbicide on non-target microorganisms: towards a new class of biomarkers? *Science of the Total Environment*. 2019. Vol. 684. P. 314–325. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.05.230
25. Wang H., Ren W., Xu Y., Wang X., Ma J., Sun Y., Hu W., Chen S., Dai S., Song J., Jia J., Teng Y. Long-term herbicide residues affect soil multifunctionality and the soil microbial community. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2024. Vol. 283. Art. 116783. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2024.116783

REFERENCES:

1. Volkohon, V.V. (2026). Protsesy biolohichnoi transformatsii azotu v gruntakh (ohliad literatury) [Processes of biological transformation of nitrogen in soils (literature review)]. *Silskohospodarska mikrobiolohiia*, 43, 3–32. https://doi.org/10.35868/1997-3004.43.3-32 [in Ukrainian].
2. DSTU 4138-2002. (2003). *Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachannia yakosti* [Seeds of agricultural crops. Methods for determining quality]. [Chynnyi vid 2004-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 173 p. [in Ukrainian].
3. DSTU 7011:2009. (2010). *Soniashnyk. Tekhnichni umovy* [Sunflower. Specifications]. [Chynnyi vid 2010-01-01]. Vyd. ofits. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 11 p. [in Ukrainian].
4. Duka, O.S., Kozar, S.F., Vorobei, Yu.O., Lohosha, O.V., & Bilokonska, O.M. (2025). Efektyvnist bakteryzatsii soniashnyku diazotrofamy za dii riznykh herbitsydiv i sposobiv obrobitku gruntu [Effectiveness of sunflower bacterization with diazotrophs under different herbicides and tillage methods]. *Silskohospodarska mikrobiolohiia*, 42, 72–82. https://doi.org/10.35868/1997-3004.42.72-82 [in Ukrainian].
5. Volkohon, V.V. (Ed.). (2010). *Eksperymentalna gruntova mikrobiolohiia: monohrafiia* [Experimental soil microbiology: a monograph]. Kyiv: Ahrarna nauka, 464 p. [in Ukrainian].
6. Mazur, S.O., & Matusevych, H.D. (2023). Vplyv gruntovykh herbitsydiv na biometrychni pokaznyky ta vrozhainist soniashnyku [Influence of soil herbicides on biometric parameters and sunflower yield]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*, 1, 90–96. https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2023.278544 [in Ukrainian].
7. Volkodav, V.V. (Ed.). (2000). *Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur. Vyp. 1. Zahalna chastyna* [Methodology of state variety testing of agricultural crops. Issue 1. General part]. Kyiv: Alefa, 100 p. [in Ukrainian].
8. Sydiakina, O.V., & Hamaiunova, V.V. (2023). Suchasnyi stan ta perspektyvy vyrobnytstva nasinnia soniashnyku [Current state and prospects for sunflower seed production]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 131, 196–204. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.131.25 [in Ukrainian].
9. Aasfar, A., Bargaz, A., Yaakoubi, K., Hilali, A., Bennis, I., Zeroual, Y., & Meftah Kadmiri, I. (2021). Nitrogen fixing *Azotobacter* species as potential soil biological enhancers for crop nutrition and yield stability. *Frontiers in Microbiology, 12*, 628379. https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.628379
10. Balabanova, D. A., Paunov, M., Goltsev, V., Cuypers, A., Vangronsveld, J., & Vassilev, A. (2016). Photosynthetic performance of the imidazolinone resistant sunflower exposed to single and combined treatment by the herbicide imazamox and an amino acid extract. *Frontiers in Plant Science, 7*, 1559. https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01559
11. Dzoma, B. B., Zhou, Y., Wilhelm, N., & Denton, M. (2025). The rhizosphere bacteriome is modified by wheat genotype and growth stage under increased imidazolinone herbicide residues. *Biology and Fertility of Soils, 61*, 717–733. https://doi.org/10.1007/s00374-025-01890-9
12. Fukami, J., Cerezini, P., & Hungria, M. (2018). *Azospirillum*: benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. *AMB Express, 8*, 73. https://doi.org/10.1186/s13568-018-0608-1
13. Garrity, G. M., Brenner, D. J., Krieg, N. R., & Staley, J. T. (Eds.). (2005). *Bergey's manual of systematic bacteriology* (2nd ed., Vol. 2, Parts B–C). Springer. https://doi.org/10.1007/0-387-28022-7 (Part B); https://doi.org/10.1007/0-387-29298-5 (Part C).
14. Güler, M., & Öğütcü, H. (2024). Isolation and characterization of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) from rhizosphere of *Helianthus annuus* L. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences, 8*(2), 412–429. https://doi.org/10.31015/jaefs.2024.2.16
15. Hinkelmann, K., & Kempthorne, O. (2005). *Design and analysis of experiments: Volume 2. Advanced experimental design*. John Wiley & Sons. https://doi.org/10.1002/0471709948
16. Hinkelmann, K., & Kempthorne, O. (2008). *Design and analysis of experiments: Volume 1. Introduction to experimental design* (2nd ed.). John Wiley & Sons. https://doi.org/10.1002/9780470191750
17. Liu, X., Mei, S., & Falcão Salles, J. (2023). Inoculated microbial consortia perform better than single strains in living soil: A meta-analysis. *Applied Soil Ecology, 190*, 105011. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.105011
18. Menéndez, E., & Paço, A. (2020). Is the application of plant probiotic bacterial consortia always beneficial for plants? Exploring synergies between rhizobial and non-rhizobial bacteria and their effects on agro-economically valuable crops. *Life, 10*(3), 24. https://doi.org/10.3390/life10030024
19. Nwachukwu, B. C., Ayangbenro, A. S., & Babalola, O. O. (2021). Comparative study of microbial structure and

functional profile of sunflower rhizosphere grown in two fields. *BMC Microbiology, 21*, 337. https://doi.org/10.1186/s12866-021-02397-7
20. Orozco-Mosqueda, M. del C., Flores, A., Rojas-Sánchez, B., Urtis-Flores, C. A., Morales-Cedeño, L. R., Valencia-Marin, M. F., Chávez-Avila, S., Rojas-Solis, D., & Santoyo, G. (2021). Plant growth-promoting bacteria as bioinoculants: Attributes and challenges for sustainable crop improvement. *Agronomy, 11*(6), 1167. https://doi.org/10.3390/agronomy11061167
21. Rose, M. T., Cavagnaro, T. R., Scanlan, C. A., Rose, T. J., Vancov, T., Kimber, S., Kennedy, I. R., Kookana, R. S., & Van Zwieten, L. (2016). Impact of herbicides on soil biology and function. *Advances in Agronomy, 136*, 133–220. https://doi.org/10.1016/bs.agron.2015.11.005
22. Schlüter, S., Großmann, C., Diel, J., Wu, G.-M., Tischer, S., Deubel, A., & Rücknagel, J. (2018). Long-term effects of conventional and reduced tillage on soil structure, soil ecological and soil hydraulic properties. *Geoderma, 332*, 10–19. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.07.001
23. Sun, R., Li, W., Dong, W., Tian, Y., Hu, C., & Liu, B. (2018). Tillage changes vertical distribution of soil bacterial and fungal communities. *Frontiers in Microbiology, 9*, 699. https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00699
24. Thiour-Mauprivez, C., Martin-Laurent, F., Calvayrac, C., & Barthelmebs, L. (2019). Effects of herbicide on non-target microorganisms: Towards a new class of biomarkers? *Science of the Total Environment, 684*, 314–325. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.230
25. Wang, H., Ren, W., Xu, Y., Wang, X., Ma, J., Sun, Y., Hu, W., Chen, S., Dai, S., Song, J., Jia, J., & Teng, Y. (2024). Long-term herbicide residues affect soil multifunctionality and the soil microbial community. *Ecotoxicology and Environmental Safety, 283*, 116783. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.116783

Дука О.С., Козар С.Ф., Воробей Ю.О., Логоша О.В., Білоконська О.М. Формування бінарної композиції діазотрофів та її застосування в агроценозі соняшнику

Мета. Обґрунтувати формування бінарної композиції на основі штамів *Azotobacter chroococcum* 2.1 та *Azospirillum brasilense* 137, а також оцінити ефективність її дії за впливом на рослини соняшнику та чисельністю культивованих груп мікроорганізмів ризосфери за різних агроприйомів. **Методи.** Дослідження проведено в умовах Полісся України на дерново-підзолистому легкосуглинковому ґрунті. Використано методи: мікробіологічні (виділення ізолятів, визначення титру клітин, культивування на елективних середовищах), газохроматографічний (визначення потенційної азотфіксувальної активності), польовий, біометричний, статистичний. **Результати.** У вегетаційному досліді серед двадцяти варіантів найвищі показники потенційної азотфіксувальної активності та накопичення сухої маси забезпечило поєднання штамів *A. chroococcum* 2.1 і *A. brasilense* 137. Встановлено, що максимум лабораторної схожості, енергії проростання, довжини корінця та сухої маси проростків досягається за співвідношення компонентів 1:1. У фазі цвітіння виявлено вищі середні показники чисельності мікроорганізмів на середовищах Ешбі та Доберейнер порівняно з неінокульованими контролями, тоді як реакція інших еколого-трофічних груп залежала від застосованої агротехніки. Біометричні показники рослин і фізичні властивості насіння були найвищими за умови поєднання бактеризації, глибокого рихлення та досходових ґрунтових гербіцидів. **Висновки.** Одержані дані свідчать про перспективність композиції діазотрофів як елемента екологічно збалансованої технології вирощування соняшнику на дерново-підзолистих ґрунтах зони Полісся. Найкращі умови для реалізації біологічного потенціалу інтродукованих діазотрофів формуються за глибокого безполицевого рихлення та меншого безпосереднього навантаження на вегетуючі рослини порівняно з післясходовою схемою.

Ключові слова: *Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum brasilense*, передпосівна інокуляція насіння, способи обробітку ґрунту, хімічний контроль бур'янів, культивована мікробіота.

Duka O.S., Kozar S.F., Vorobei Yu.O., Lohosha O.V., Bilokonska O.M. Formation of a binary diazotroph composition and its application in a sunflower agrocenosis

Purpose. To substantiate the formation of a binary composition based on *Azotobacter chroococcum* 2.1 and *Azospirillum brasilense* 137 strains and to evaluate its effectiveness based on its effects on sunflower plants and the abundance of culturable groups of rhizosphere microorganisms under different agricultural practices. **Methods.** The research was conducted in the Ukrainian Polissia on sod-podzolic light loamy soil. The following methods were used: microbiological (isolation of isolates, determination of cell titer, cultivation on selective media), gas-chromatographic (determination of potential nitrogen-fixing activity), field, biometric, and statistical. **Results.** In the pot experiment, among twenty variants, the combination of *A. chroococcum* 2.1 and *A. brasilense* 137 strains provided the best average indicators of potential nitrogen-fixing activity and dry mass accumulation. It was established that the highest laboratory germination, germination energy, radicle length, and seedling dry mass were achieved at a component ratio of 1:1. During the flowering stage, the mean abundance of microorganisms cultured on Ashby and Döbereiner media was higher than in the uninoculated controls, whereas the response of other ecological-trophic groups depended on the agricultural practices applied. The biometric parameters of the plants and the physical properties of the seeds were highest under the combination of inoculation, deep loosening, and pre-emergence soil herbicides. **Conclusions.** The obtained data indicate that the diazotroph composition is a promising element of an ecologically balanced sunflower cultivation technology on sod-podzolic soils in the Polissia zone. The most favorable conditions for realizing the biological potential of the introduced diazotrophs were created by deep non-inversion tillage and lower direct herbicide exposure of growing plants compared with the post-emergence herbicide application scheme.

Key words: *Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum brasilense*, pre-sowing seed inoculation, soil tillage methods, chemical weed control, culturable microbiota.

Дата першого надходження статті до видання: 27.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 633.358:631.5 (477.7)
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.11

СТРУКТУРА ПРОДУКТИВНОСТІ СОРТІВ ГОРОХУ ПОСІВНОГО (*PISUM SATIVUM* L.) ЗАЛЕЖНО ВІД ЕЛЕМЕНТІВ АГРОТЕХНОЛОГІЇ В ПІВДЕННОМУ СТЕПУ

ЖИГАЙЛО Д.С. – аспірант
orcid.org/0009-0002-6704-4019
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, Одеський державний аграрний університет, Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту 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
МАРЧЕНКО В.Д. – студентка
orcid.org/0009-0009-8010-8284
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Ефективність використання сучасних технологій вирощування гороху посівного (*Pisum sativum* L.) визначається не лише якісним і своєчасним виконанням усього комплексу агротехнічних заходів, а й правильним підбором окремих прийомів, які мають відповідати як агрокліматичним умовам господарства, так і біологічним особливостям сорту. За дотримання належної агротехніки, зокрема якісної обробки посівів, горох здатний формувати високі врожаї. Одним із важливих елементів такої підготовки є обробка насіння та рослин біологічними препаратами, що створює сприятливі умови для дружніх сходів і інтенсивного росту рослин, а також сприяє більш ефективному використанню сонячної енергії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Біорегулятори відіграють важливу роль у реакції рослин на фактори навколишнього середовища і накопичено багато фактичного матеріалу, що демонструє позитивний вплив біорегуляторів росту на ростові процеси, пігментний склад, ефективність фотосинтезу, азотфіксацію зернобобових культур [1, 2].

На основі отриманих трирічних результатів дослідження зроблено висновок, що застосування біостимуляторів Стимпо та Регоплант в цілому підвищувало ефективність функціонування асиміляційного апарату через збільшення індексу листкової поверхні у різних фазах вегетації гороху, збільшення ЧПФ посівів гороху та вмісту хлорофілу в листках гороху сорту Оплот [3].

Проведені дослідження Дика Д., Шокало Н. свідчать, що в умовах ПСП «Колос» Полтавського району найбільш продуктивними є сорти Глянс і Корвет, які забезпечили найвищу врожайність як у контролі, так і за застосування біопрепаратів. Найефективнішим виявилося сумісне використання препаратів Фосфоентерин та Біополіцид [4].

Основним критерієм, який дає можливість комплексно оцінити ефективність технологічних заходів вирощування сільськогосподарських культур, є врожайність зерна. Дослідники Токарев, О. О., Радюк, Ю. В. стверджують, що застосування біопрепаратів в технології вирощування гороху сприяло покращенню збирального індексу фітоценозу: якщо на дослідних варіантах цей показник в середньому становив 4,01, то на контрольних – 3,74. За використання біопрепаратів урожайність становила 3,02, а без них – 2,90 т/га [5].

У дослідженні Дробітько А. В., Брагін А. В. розглянуто елементи технології вирощування гороху в умовах півдня України, зокрема вибір сортів, агротехнічні прийоми та застосування біопрепаратів. Встановлено, що в умовах посухи 2024 року сорт Білий ангел продемонстрував найвищу врожайність – до 3,18 т/га при використанні біопрепаратів. Проаналізовано економічну ефективність

© Жигайло Д.С., Марченко Т.Ю., Пілярська О.О., Міщенко С.В., Лавриненко Ю.О., Марченко В.Д., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

вирощування гороху, його вплив на покращення структури ґрунту, збагачення його азотом і підвищення продуктивності наступних культур у сівозміні [6].

Обґрунтовано, що з-поміж досліджуваних чинників найбільший вплив на врожайність сортів гороху мають погодні умови років дослідження (39,0–49,0 %), істотний вплив також мають сортові властивості культури (18,0–20,0%) та інокуляція насіння (14,0–16,0%), а також їх взаємодія (2,0–12,0 %) [7].

За сумісного застосування мікробіологічного препарату з біостимуляторами відмічено збільшення чисельності кореневих бульбочок на рослинах гороху на різних фазах вегетації, дало змогу сформувати більшу площу листкової поверхні рослин гороху та збільшити ЧПФ у період генеративного розвитку. Використання досліджуваних препаратів сприяло збільшенню кількості бобів на рослині, підвищувало врожайність гороху максимально на 14 % [8].

Результати досліджень В.В. Ляшенко та А.О. Примак показали, що біостимулятори позитивно вплинули на основні агрономічні показники, такі як симбіотична азотфіксація, фотосинтетична активність і врожайність гороху. У результаті біостимулятори значно підвищили врожайність гороху, навіть за умов нестабільного розподілу опадів і температурних коливань на 17,0–28,0 %. Перспективи подальших досліджень спрямовані на вивчення взаємодії біостимуляторів з новітніми методами захисту рослин з метою пошуку оптимальних комбінацій для підвищення врожайності та стійкості культури [9].

Проведено дослідження з врахуванням симбіотичної фіксації азоту бульбочковими бактеріями в яких відмічається позитивний рівень балансу азоту в ґрунті після вирощування гороху посівного і створені умови для накопичення азоту в ґрунті, що слугуватиме резервом вдосконалення азотного режиму ґрунтових умов [10].

Якщо максимальна кількість бульбочок в контрольному варіанті була відмічена в фазу цвітіння і сягнула 35,7 шт./росл., то при застосуванні біостимуляторів та мікробіологічного препарату максимальна кількість бульбочок в зазначеній фазі становила в межах 46-49 шт./росл. При сумісному застосуванні біостимуляторів з мікробіологічним препаратом зафіксовано збільшення чисельності та маси кореневих бульбочок на рослинах гороху на різних фазах вегетації [11].

У конвенції про біорізноманіття сформульовано поетапні шляхи підтримки та збереження біорізноманіття до 2030 та 2050 рр., визначені глобальні цілі. Так, однією з провідних цілей, визначених у Конвенції, є «Посилення біобезпеки та поширення переваг біотехнології», де акцент робиться на поводження з модифікованими організмами, збереження існуючих автохтонних видів, ефективність застосування продуктів біотехнологічного виробництва, зокрема біопрепаратів, сприяння охороні біорізноманіття агроекосистем [12].

Питання продовольчої безпеки, стійкості і продуктивності агроекосистем та якості сільськогосподарської продукції невід'ємно пов'язані й вельми актуальні в XXI ст. Відомо, що аграрії щороку використовують близько 3 млрд тонн пестицидів, щоб запобігти хворобам і шкідникам, які спричиняють 65 тис. агентів. Однак щороку втрати врожаю дуже великі, до збору врожаю – 40% і після збору врожаю до 10%. Такі значні втрати врожаю пов'язані з тим, що хімічні засоби захисту рослин діють тимчасово, а зі збільшенням норми та частоти їх застосування виникає стійкість у фітопатогенів та інсектів [13].

Зважаючи на те, що тісно сполучені здоров'я ґрунту, рослин, стан агроекосистем і навколишнього середовища, використання еколого-безпечних засобів та методів захисту агроценозів стає дедалі перспективнішим і поширенішим.

Мета досліджень – встановлення впливу стимулятору росту та антистресанту на основі амінокислот рослинного походження та біологічно активних речовин (AminoStar®) на структуру врожайності сортів гороху посівного (*Pisum sativum* L.) в умовах Південного Степу України

Матеріали та методика досліджень. Польові досліди проводили на базі дослідного поля ТОВ «СК Сергіївка» Білгород-Дністровського району Одеської області (46°1′ 42″ пн. ш. 30°22′13″ сх. д). Розмір ділянок та розміщення: загальна ділянка розміром – 28 м^2, облікова – 14 м^2, розміщення – рендомізовані блоки. Кількість повторностей – чотири. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем звичайний. Застосовували загальновизнану методику досліджень [14].

У дослідженнях використовували три сорти гороху посівного (зернового). Сорт Дарунок Степу. Оригінатор: Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення. Безлисточковий, з ознакою стійкості до осипання, високий рівень посухостійкості. Господарські та біологічні характеристики: середньостиглий, тривалість вегетаційного періоду – 70 – 75 днів; стійкість до вилягання висока (8 балів); придатний до прямого комбайнування; напівкарликовий сорт, висота рослин – 50 – 60 см; стійкість до хвороб – на рівні кращих стандартів; розварюваність та смакові якості добрі [15].

Сорт Круіз. Оригінатор: Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення. Господарські та біологічні характеристики: високоврожайний, технологічний сорт з високим рівнем посухостійкості, тривалість вегетаційного періоду 75 – 80 днів; стійкість до вилягання висока (7 балів), придатний до прямого комбайнування; стійкість до хвороб на рівні кращих стандартів; розварюваність та смакові якості добрі [16].

Сорт Пристань. Оригінатор: Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення. Сорт з високими показниками продуктивності та стійкості до осипання насіння, проявляє високу стабільність за різних умов вирощування. Виділяється високою продуктивністю та придатністю до однофазного збирання. Господарські та біологічні характеристики: середньостиглий, тривалість вегетаційного періоду – 82 – 85 днів; висота рослин – 62 – 65 см, стійкість до вилягання висока; у польових умовах стійкий до пероноспорозу, антракнозу, аскохітозу та кореневих гнилей [17].

Біопрепарат. AminoStar® – це стимулятор росту та антистресант рослинного походження на основі амінокислот та біологічно активних речовин. Препарат випускається українським виробником (ТМ «Кісон»). Діюча речовина: вільні амінокислоти рослинного походження – 30%,

органічна речовина – 18%, азот (N) – 5%, фосфор (P_2O_5) – 2%, калій (K) – 4%, допоміжні речовини. Позакореневе підживлення препаратом AminoStar®: 20–25 мл препарату на 10 літрів води. Позакореневі обробки проводили в два етапи: у стадії формування листків (ВВСН 10–19) та формування квіток (ВВСН 51–59) [18].

Результати досліджень. Формування зернової продуктивності гороху посівного обумовлюють такі основні елементи структури врожаю як кількість утворених квіток, бобів, зерен у одному бобі, маса 1000 зерен.

Формування бобів у гороху представляє собою процес поступового цвітіння рослин, тому вплив технологічних факторів на число бобів та масу насіння з одного бобу може змінюватися в широких межах.

Найвищі значення кількості зерен у бобі були отримані за застосування препарату AminoStar®. У сорту Дарунок Степу середнє значення за два роки становило 6,2 шт., що на 0,5 шт. більше порівняно з контролем без обробки. У сорту Круіз цей показник досягав 6,3 шт., а приріст відносно контролю становив 0,4 шт. Найвищу кількість зерен у бобі сформував сорт Пристань – 6,5 шт. у середньому за 2025–2026 рр., що на 0,5 шт. перевищувало контрольний варіант (табл. 1).

Найменша кількість зерен у бобі спостерігалася на варіантах без обробки рослин. У сорту Дарунок Степу цей показник становив 5,6–5,7 шт., у сорту Круіз – 5,8–5,9 шт., а у сорту Пристань – 5,9–6,0 шт. Обробка рослин водою забезпечувала незначне підвищення показника – у середньому на 0,1 зернини порівняно з абсолютним контролем, що не мало істотного впливу.

Аналіз середніх значень за фактором А свідчить, що між сортами також існували відмінності. Найменшу середню кількість зерен у бобі мав сорт Дарунок Степу – 5,9 штук, сорт Круіз забезпечив у середньому 6,1 шт., тоді як найкращий результат продемонстрував сорт Пристань – 6,1–6,2 шт. залежно від року досліджень.

У середньому за фактором В найнижчі показники отримано на контролі без обробки (5,8 шт.), дещо вищі, проте неістотні – за обробки водою (5,9 шт.), а максимальні – за використання AminoStar® (6,3 шт.). Це свідчить про позитивний вплив біостимулятора на формування кількості зерен у бобі незалежно від сорту.

Результати досліджень показують, що застосування AminoStar® сприяло стабільному збільшенню кількості зерен у бобі в усіх досліджуваних сортів. Найвищу кількості зерен у бобі показав сорт Світ, тоді як найменші значення були характерні для сорту Дарунок Степу. Крім того, у 2026 вегетаційному році показник був незначно вищим, ніж у 2025 році, що свідчить про стабільність прояву досліджуваної ознаки в різних умовах років.

Отримані дані свідчать, що кількість зерен на одній рослині залежала як від сортових особливостей, так і від застосованої обробки. В усіх досліджуваних сортів найнижчі показники були зафіксовані у варіанті без обробки, тоді як застосування препарату AminoStar® забезпечувало найбільшу кількість зерен у бобі (табл. 2).

У сорту Дарунок Степу кількість зерен на одній рослині за роками досліджень становила 25,1–27,2 штук на контролі без обробки, 26,2–27,9 шт. за обробки водою та 27,4–28,3 шт. після застосування AminoStar®. У середньому за 2025–2026 рр. цей показник дорівнював відповідно 26,2; 27,8 та шт., а середнє значення для сорту становило 27,1 шт.

У сорту Круіз кількість зерен була вищою порівняно з сортом Дарунок Степу. У середньому за два роки у варіантах без обробки, за обробки водою та після застосування AminoStar® отримано відповідно 28,2 та 28,6 зернини на рослину. Середній показник по сорту становив 28,7 шт. Урожайність зерна при застосуванні біопрепарату збільшилась на 0,7-1,1 т/га.

Найвищу продуктивність сформував сорт Пристань. У середньому за 2025–2026 рр. кількість зерен на одній

Таблиця 1

Озерненість бобу у сортів гороху залежно від обробки біопрепаратом (2025–2026 рр.)

Сорт ***(фактор А)***	**Обробка рослин** ***(фактор В)***	**Кількість зерен у бобі, шт.**			
		2025 вегетаційний рік	**2026 вегетаційний рік**	**середнє за 2025-2026 рр.**	**середнє по фактору В**
Дарунок Степу	Контроль (без обробки)	5,6	5,7	5,7	5,8
	Контроль (обробка водою)	5,7	5,8	5,8	5,9
	AminoStar®	6,1	6,3	6,2	6,3
	середнє по фактору А	5,8	5,9	5,9	
Круіз	Контроль (без обробки)	5,8	5,9	5,9	
	Контроль (обробка водою)	5,9	6,0	6,0	
	AminoStar®	6,3	6,4	6,3	
	середнє по фактору А	6,0	6,1	6,1	
Пристань	Контроль (без обробки)	5,9	6,0	6,0	
	Контроль (обробка водою)	6,0	6,1	6,1	
	AminoStar®	6,4	6,5	6,5	
	середнє по фактору А	6,1	6,2	6,1	
$НІР_{05,}$ шт.	Фактор А Фактор В Фактор АВ	0,15 0,12 0,13	0,14 0,11 0,13		

Таблиця 2

Кількість зерен на одній рослині у сортів гороху посівного залежно від обробки біопрепаратом (2025–2026 рр.)

Сорт *(фактор А)*	Обробка рослин *(фактор В)*	Кількість зерен на 1 рослині, шт.			
		2025 вегетаційний рік	2026 вегетаційний рік	середнє за 2025-2026 рр.	середнє по фактору В
Дарунок Степу	Контроль (без обробки)	25,1	27,2	26,2	28,1
	Контроль (обробка водою)	26,2	27,9	27,1	28,7
	AminoStar®	27,4	28,3	27,9	29,4
	середнє по фактору А	26,2	27,8	27,1	
Круіз	Контроль (без обробки)	27,9	28,5	28,2	
	Контроль (обробка водою)	28,3	28,9	28,6	
	AminoStar®	29,0	29,6	29,3	
	середнє по фактору А	28,4	29,0	28,7	
Пристань	Контроль (без обробки)	29,6	30,1	29,9	
	Контроль (обробка водою)	29,9	30,9	30,4	
	AminoStar®	30,7	31,2	31,0	
	середнє по фактору А	30,1	30,7	30,4	
$НІР_{05,}$ шт	Фактор А Фактор В Фактор АВ	0,60 0,51 0,72	0,53 0,63 0,80		

рослині становила 29,9 шт. у контролі без обробки, 30,4 шт. за обробки водою та 31,0 шт. після застосування AminoStar®. Середній показник по сорту дорівнював 30,4 шт.

Порівняння вегетаційних років показує, що у 2026 році кількість зерен на рослині була дещо більшою, ніж у 2025 році, практично в усіх сортів і варіантах досліду. Так, середні значення по сортах зросли з 26,2 до 27,8 шт. у сорту Дарунок Степу, з 28,4 до 29,0 шт. у сорту Круіз та з 30,1 до 30,7 шт. у сорту Пристань.

У середньому за фактором В найменшу кількість зерен забезпечив контроль без обробки (28,1 шт.), дещо вищий показник отримано за обробки водою (28,7 шт.), а максимальне значення сформувалося при застосуванні препарату AminoStar® – 29,4 шт. Таким чином, використання препарату AminoStar® сприяло збільшенню кількості зерен на одній рослині незалежно від сорту, а найвищу продуктивність серед досліджуваних сортів забезпечив сорт Світ.

Аналіз отриманих даних свідчить, що рівень урожайності визначався як генетичними особливостями сорту, так і застосуванням обробки рослин біопрепаратом. У всіх досліджуваних сортів найнижчу врожайність отримано у варіанті без обробки, тоді як максимальні показники забезпечило застосування препарату AminoStar®. Крім того, у 2026 вегетаційному році урожайність була дещо вищою порівняно з попереднім роком (табл. 3).

Аналіз отриманих даних свідчить, що рівень урожайності визначався як генетичними особливостями сорту, так і застосуванням обробки рослин біопрепаратом. У всіх досліджуваних сортів найнижчу врожайність отримано у варіанті без обробки, тоді як максимальні показники забезпечило застосування препарату AminoStar®. Крім того, у 2026 вегетаційному році урожайність була дещо вищою порівняно з попереднім роком.

У сорту Дарунок Степу урожайність зерна в контролі без обробки становила 1,85 т/га у 2025 р. та 1,99 т/га у 2026 р., або в середньому 1,92 т/га. Обробка водою сприяла незначному підвищенню врожайності в межах похибки, тоді як застосування препарату AminoStar® забезпечило її зростання до 2,30 т/га, що на 0,38 т/га (19,8 %) більше порівняно з контролем без обробки. Середня урожайність по сорту становила 2,06 т/га.

Сорт Круіз характеризувався вищою продуктивністю порівняно з сортом Дарунок Степу. У середньому за два роки урожайність зерна становила 2,24 та 2,26 т/га на контролі без обробки таза обробки водою та 2,51 т/га після застосування AminoStar®. Приріст урожайності від використання препарату порівняно з контролем без обробки становив 0,27 т/га, або 12,1 %. Середній показник по сорту дорівнював 2,34 т/га.

Найвищий рівень урожайності забезпечив сорт Пристань. У середньому за 2025–2026 рр. урожайність зерна становила 2,26 т/га у контролі без обробки, 2,28 т/га за обробки водою та 2,78 т/га після застосування AminoStar®. Порівняно з контролем без обробки приріст урожайності становив 0,52 т/га, або 23,0 %. Середня урожайність по сорту досягла 2,44 т/га.

У середньому по фактору А урожайність зерна зростала від сорту Дарунок Степу (2,06 т/га) до сорту Круіз (2,34 т/га) і була найвищою у сорту Пристань (2,44 т/га), що свідчить про суттєвий вплив генотипу на формування продуктивності.

Середні значення за фактором В також підтверджують позитивний вплив обробки рослин. Найменшу урожайність забезпечив контроль без обробки – 2,14 т/га, обробка водою істотно не змінила цей показник (2,17 т/га), тоді як застосування препарату AminoStar® підвищило середню урожайність до 2,53 т/га, що на 0,39 т/га, або близько 18,2 %, більше порівняно з контролем.

Таким чином, результати досліджень свідчать, що використання препарату AminoStar® є ефективним агротехнічним прийомом для підвищення урожайності зерна

Таблиця 3

Урожайність сортів гороху посівного залежно від обробки біопрепаратом (2025-2026 рр.), т/га

Сорт *(фактор А)*	Обробка рослин *(фактор В)*	Урожайність зерна, т/га			
		2025 вегетаційний рік	2026 вегетаційний рік	середнє за 2025-2026 рр.	середнє по фактору В
Дарунок Степу	Контроль (без обробки)	1,85	1,99	1,92	2,14
	Контроль (обробка водою)	1,89	2,05	1,97	2,17
	AminoStar®	2,23	2,36	2,30	2,53
	середнє по фактору А	1,99	2,13	2,06	
Круіз	Контроль (без обробки)	2,19	2,28	2,24	
	Контроль (обробка водою)	2,21	2,30	2,26	
	AminoStar®	2,49	2,52	2,51	
	середнє по фактору А	2,30	2,37	2,34	
Пристань	Контроль (без обробки)	2,21	2,31	2,26	
	Контроль (обробка водою)	2,22	2,33	2,28	
	AminoStar®	2,69	2,86	2,78	
	середнє по фактору А	2,37	2,50	2,44	
$НІР_{05,}$ г	Фактор А Фактор В Фактор АВ	0,09 0,10 0,12	0,10 0,11 0,13		

незалежно від сорту. Найвищу продуктивність у досліді забезпечив сорт Пристань у поєднанні з обробкою препаратом AminoStar®, де середня урожайність за два роки досягла 2,78 т/га.

Для всіх сортів гороху спостерігається позитивний зв'язок між кількістю зерен на одній рослині та урожайністю, зі збільшенням кількісті зерен на 1 рослині урожайність зростає (рис. 1).

Найсильніша кореляція була у сорту Дарунок Степу (r = 0,916), що свідчить про важливий вплив кількості зерен на одній рослині на показники продуктивності для всіх трьох сортів, а найбільш тісний зв'язок між цими ознаками встановлено у сорту Дарунок Степу.

Висновки. Біопрепарати в агровиробництві – це тренд, що дедалі більше набуває поширеності в Україні та Світі. Біопрепарати є еколого-безпечними порівняно

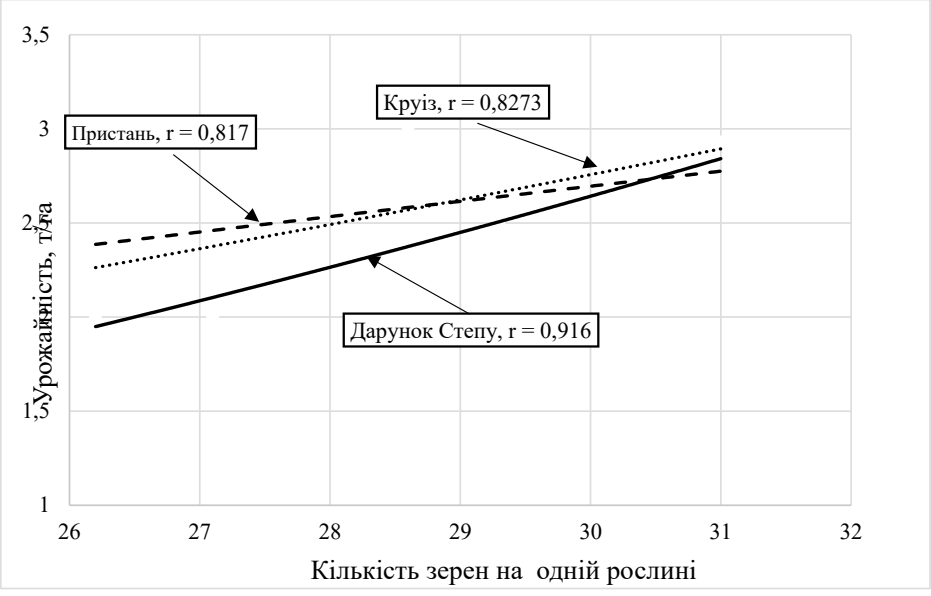


Рис. 1. Кореляційно-регресійні моделі залежності кількісті зерен на одній рослині та урожайності сортів гороху

з хімічними засобами активізації росту та захисту рослин. Застосування біопрепаратів дає змогу зберегти екологічний стан агроекокистем, а відповідно і навколишнього природного середовища, зокрема ґрунту та отримати екологічно безпечну продукцію сільського господарства.

Найвищу кількість зерен у бобі сформував сорт гороху Пристань – 6,5 штук за обробки біопрепаратом AminoStar®, що на 0,5 шт. перевищувало контрольний варіант.

Найвищі значення кількості зерен у бобі були отримані за застосування препарату AminoStar®. У середньому за фактором обробка біопрепаратом найнижчі показники отримано на контролі без обробки (5,8 шт.), максимальна кількість зерен у бобі формувалась за використання AminoStar® (6,3 шт.). Встановлено позитивний вплив біостимулятора на формування кількості зерен у бобі незалежно від сорту.

Найвищу кількість зерен на одній рослині сформував сорт Пристань. У середньому за роки досліджень кількість зерен на одній рослині становила 29,9 штук у контролі без обробки, а застосування біопрепарату AminoStar® підвищило кількість зерен до 30,4 штук на рослину.

Використання препарату AminoStar® є ефективним агротехнічним прийомом для підвищення урожайності зерна гороху незалежно від сорту. Найвищу урожайність зерна у досліді забезпечив сорт Пристань у поєднанні з обробкою препаратом AminoStar®, де середня урожайність за два роки становила 2,78 т/га, що перевищило стандарт на 0,51 т/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Пида С.В., Конончук О.Б., Тригуба О.В., Гурська О.В. Ефективність застосування мікробіологічних препаратів Ризобофіт та Ризогумін за біометричними показниками бобів (*Faba bona Medic*). *Агроекологічний журнал*. 2021. № 1. С. 115–121.
2. Бунас А. А., Ткач Є. Д., Дворецький В. В. Біопрепарати в Україні та світі: сучасні тренди та перспективи. *Агроекологічний журнал*. 2024. № 4. С. 132–140. DOI: https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2024.317163
3. Колесніков М. О., Пащенко Ю. П. Вплив біостимуляторів на формування фотоасиміляційного апарату *Pisum sativum L.* в умовах Південного Степу України. *Органічне виробництво і продовольча безпека*: збірник праць учасників XI Міжнародної науково-практичної конференції, (м. Житомир, 23-24 травня 2024 року). Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 109–111.
4. Дика Д.В., Шокало Н. С. Урожайність гороху залежно від обробки насіння біопрепаратами. *Сучасні напрями та досягнення селекції і насінництва сільськогосподарських культур* : матер. IV всеукр. наук. практ. інтер.-конфер., (м. Полтава, 31 березня 2026 р.). Полтава : ПДАУ, 2026. С. 143–144. DOI: http://doi.org/10.5281/zenodo.20050879
5. Токарев О. О., Радюк Ю. В. Врожайність гороху посівного при використанні ризогуміну та біостимуляторів в умовах Південного Степу України. *Матеріали X всеукраїнської науково-технічної конференції здобувачів вищої освіти за підсумками наукових досліджень 2022 року. Факультет агротехнологій та екології,* (м. Запоріжжя, 5-20 лютого 2023 р.). Запоріжжя: ТДАУ імені Дмитра Моторного, 2023. С. 142–144.
6. Дробітько А. В., Брагін А. В. Елементи технології вирощування гороху в умовах півдня України. *Продовольча безпека України в умовах післявоєнного відновлення: глобальні та національні виміри. Міжнародний форум* : доповіді учасників міжнародної науково-практичної конференції, (м. Миколаїв, 28-30 травня 2025 р.). Миколаїв: МНАУ, 2025. С. 62–65. https://doi.org/10.31521/978-617-7149-86-5-18
7. Shokalo N., Kulyk M., Rozhko I., Demianchenko V. Yield of field pea varieties for grain and vegetable use depending on seed inoculation. *Scientific Progress & Innovations*. 2026. Vol. 29(1). P.74–80. https://doi.org/10.31210/spi2026.29.01.12
8. Колесніков М. О., Пащенко Ю. П. Продукційний процес гороху посівного (*Pisum sativum* L.) за дії Ризогуміну та біостимуляторів в умовах Південного Степу України. *Агробіологія*. 2022. № 1. С. 24–35.
9. Liashenko V., Prymak A. The impact of biostimulants on symbiotic nitrogen fixation, photosynthetic activity, and yield of field pea (*Pisum sativum* L.). *Scientific Progress & Innovations*. 2025. Vol. 28(4). P. 39–46. https://doi.org/10.31210/spi2025.28.04.05
10. Лемішко С. М., Черних С. А., Ярчук І. І. Підвищення прояву ефекту симбіотичної азотфіксації гороху та продуктивності посівів за застосування регуляторів росту, препаратів азотфіксуючих бактерій та органічних біостимуляторів в умовах Північного Степу України. *Аграрні інновації*. 2022. № 15. С. 47–52.
11. Мищук Д. О. Вплив ризогуміну та його комплексів з біостимуляторами на формування бобово-ризобіального симбіозу рослин гороху посівного. *Матеріали X всеукраїнської науково-технічної конференції здобувачів вищої освіти за підсумками наукових досліджень 2022 року. Факультет агротехнологій та екології,* (м. Запоріжжя, 5-20 лютого 2023 р.). Запоріжжя: ТДАУ імені Дмитра Моторного, 2023. С. 91–93.
12. Convention on Biological Diversity. 2030 Targets (with Guidance Notes). Target 17. «Strengthen Biosafety and Distribute the Benefits of Biotechnology». URL: https://www.cbd.int/gbf/targets/17 (дата звернення: 03.04.2024).
13. Messing R., Brodeur J. Current challenges to the implementation of classical biological control. *BioControl.* 2018. Vol. 63(1). P. 1–9. https://doi.org/10.1007/s10526-017-9862-4.
14. Присяжнюк О. І., Климович Н. М., Полуніна О. В. та ін. Методологія і організація наукових досліджень в сільському господарстві та харчових технологіях : монографія. Київ : Нілан-ЛТД, 2021. 300 с. DOI: 10.47414/978-966-924-927-2.
15. Сорт Дарунок степу (горох посівний). Аграрії разом. URL: https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/darunok-stepu (дата звернення: 03.04.2024).
16. Сорт Круіз (горох посівний). Аграрії разом. URL: https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/kruiz (дата звернення: 03.04.2024).
17. Сорт Світ (горох посівний). Аграрії разом. URL: https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/svit (дата звернення: 03.04.2024).
18. Стимулятор росту та антистресант AminoStar®. Кіссон. URL: https://kissonagro.com.ua/ru/produkcya/antistresanti/aminostar_2ml/ (дата звернення: 03.07.2024).

REFERENCES:

1. Pyda, S.V., Kononchuk, O.B., Tryhuba, O.V., & Hurska, O.V. (2021). Efektyvnist zastosuvannia mikrobiolohichnykh preparativ Ryzobofit ta Ryzohumin za biometrychnymy pokaznykamy bobiv (Faba bona Medic) [The effectiveness of the use of microbiological preparations Rhizobofit and Rhizohumin on biometric indicators of beans (*Faba bona Medic*)]. *Ahroekolohichnyi zhurnal, 1, 115–121* [in Ukrainian].
2. Bunas, A. A., Tkach, E. D., & Dvoretskyi, V. V. (2024). Biopreparaty v Ukraini ta sviti: suchasni trendy ta perspektyvy [Biological products in Ukraine and the world: modern trends and prospects]. *Ahroekolohichnyi zhurnal, 4, 132–140* [in Ukrainian].
3. Kolesnikov, M. O., & Pashchenko, Y. P. (2024). Vplyv biostymuliatoriv na formuvannia fotoasymiliatsiinoho aparatu *Pisum sativum* L. v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy. [The influence of biostimulants on the formation of the photoassimilation apparatus of *Pisum sativum* L. in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Orhanichne vyrobnytstvo i prodovolcha bezpeka: zbirnyk prats uchasnykiv XI Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, (pp. 109-111). Zhytomyr: Poliskyi natsionalnyi universytet* [in Ukrainian].
4. Dyka, D.V., & Shokalo, N. S. (2026). Urozhainist horokhu zalezhno vid obrobky nasinnia biopreparatamy [Pea yield depending on seed treatment with biological products]. *Suchasni napriamy ta dosiahnennia selektsii i nasinnytstva silskohospodarskykh kultur: mater. IV vseukr. nauk. prakt. inter.-konfer., (pp. 143–144). Poltava: PDAU*. http://doi.org/10.5281/zenodo.20050879 [in Ukrainian].
5. Tokarev, O. O., & Radiuk, Y. V. (2023). Vrozhainist horokhu posivnoho pry vykorystanni ryzohuminu ta biostymuliatoriv v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Yield of field peas when using rhizohumin and biostimulants in the conditions of the southern steppe of Ukraine]. *Materialy X vseukrainskoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii zdobuvachiv vyshchoi osvity za pidsumkamy naukovykh doslidzhen 2022 roku. Fakultet ahrotekhnolohii ta ekolohii, (pp. 142-144).* Zaporizhzhia: TDAU imeni Dmytra Motornogo [in Ukrainian].
6. Drobitko, A. V., & Brahin, A. V. (2025). Elementy tekhnolohii vyroshchuvannia horokhu v umovakh pivdnia Ukrainy [Elements of pea growing technology in the conditions of southern Ukraine]. *Prodovolcha bezpeka Ukrainy v umovakh pisliavoiennoho vidnovlennia: hlobalni ta natsionalni vymiry. Mizhnarodnyi forum : dopovidi uchasnykiv mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii, (pp. 62-65). Mikolaiv: MNAU*. https://doi.org/10.31521/978-617-7149-86-5-18 [in Ukrainian].
7. Shokalo, N., Kulyk, M., Rozhko, I., & Demianchenko, V. (2026). Yield of field pea varieties for grain and vegetable use depending on seed inoculation. *Scientific Progress & Innovations*, 29(1), 74–80. https://doi.org/10.31210/spi2026.29.01.12
8. Kolesnikov, M. O., & Pashchenko, Y. P. (2022). Produktsiinyi protses horokhu posivnoho (*Pisum sativum* L.) za dii Ryzohuminu ta biostymuliatoriv v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Production process of field peas (*Pisum sativum* L.) under the action of Rhizohumin and biostimulants in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Agrobiologiia*, 1, 24–35 [in Ukrainian].
9. Liashenko, V., & Prymak, A. (2025). The impact of biostimulants on symbiotic nitrogen fixation, photosynthetic activity, and yield of field pea (*Pisum sativum* L.). *Scientific Progress & Innovations*, *28*(4), 39–46. https://doi.org/10.31210/spi2025.28.04.05.
10. Lemishko, S. M., Chernykh, S. A., & Yarchuk, I. I. (2022). Pidvyshchennia proiavu efektu symbiotychnoi azotfiksatsii horokhu ta produktyvnosti posiviv za zastosuvannia rehuliatoriv rostu, preparativ azotfiksuiuchykh bakterii ta orhanichnykh biostymuliatoriv v umovakh Pivnichnoho Stepu Ukrainy [Increasing the manifestation of the effect of symbiotic nitrogen fixation of peas and crop productivity through the use of growth regulators, nitrogen-fixing bacteria preparations and organic biostimulants in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine]. *Agrarni innovatsii*, 15, 47–52 [in Ukrainian].
11. Myshchuk, D. O. (2023). Vplyv ryzohuminu ta yoho kompleksiv z biostymuliatoramy na formuvannia bobovo-ryzobialnoho symbiozu roslyn horokhu posivnoho [The influence of rhizohumin and its complexes with biostimulants on the formation of legume-rhizobial symbiosis of field pea plants]. *Materialy Kh vseukrainskoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii zdobuvachiv vyshchoi osvity za pidsumkamy naukovykh doslidzhen 2022 roku. Fakultet ahrotekhnolohii ta ekolohii*, (pp. 91-93). Zaporizhzhia: TDAU imeni Dmytra Motornoho [in Ukrainian].
12. Convention on Biological Diversity. 2030 Targets (with Guidance Notes). Target 17. «Strengthen Biosafety and Distribute the Benefits of Biotechnology». URL: https://www.cbd.int/gbf/targets/17
13. Messing, R., & Brodeur, J. (2018). Current challenges to the implementation of classical biological control. *BioControl*, 63(1), 1–9. https:// doi.org/10.1007/s10526-017-9862-4.
14. Prysiazhniuk, O. I., Klymovych, N. M., & Polunina, O. V. et al. (2021). Metodolohiia i orhanizatsiia naukovykh doslidzhen v silskomu hospodarstvi ta kharchovykh tekhnolohiiakh [Methodology and organization of scientific research in agriculture and food technologies: monograph]. Kyiv : Nilan-LTD, 300. https://doi.org/10.47414/978-966-924-927-2 [in Ukrainian].
15. Sort [Variety]. Darunok stepu (seed pea). *Agrarii razom*. URL: https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/darunok-stepu [in Ukrainian].
16. Sort [Variety]. Kruiz (seed pea). *Agrariї razom*. URL: https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/kruiz [in Ukrainian].
17. Sort [Variety]. Prystan (seed pea). *Agrariї razom*. URL: https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/pristan [in Ukrainian].
18. Stimulyator rostu ta antistresant [Growth stimulant and anti-stress agent] AminoStar®. Kisson. URL: https://kissonagro.com.ua/ru/produkcya/antistresanti/aminostar_2ml/ [in Ukrainian].

Жигайло Д.С., Марченко Т.Ю., Пілярська О.О., Міщенко С.В., Лавриненко Ю.О., Марченко В.Д.
Структури врожаю сортів гороху посівного (*Pisum sativum* L.) залежно від елементів агротехнології в Південному Степу

Мета досліджень – було встановлення впливу стимулятору росту та антистресанту на основі амінокислот рослинного походження та біологічно активних речовин (AminoStar®) на врожайність сортів гороху посівного (*Pisum sativum* L.) в умовах Південного Степу України. **Методи.** Польові досліди проводили в ТОВ «СК Сергіївка» Білгород-Дністровського району Одеської області (46°1′42″ пн. ш. 30°22′13″ сх. д). У дослідженнях

використовували три сорти гороху посівного (зернового): Дарунок Степу, Круіз, Пристань. Оригінатор: Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення. AminoStar® – стимулятор росту та антистресант рослинного походження на основі амінокислот та біологічно активних речовин. **Результати.** Найвищі значення кількості зерен у бобі були отримані у сорту Пристань за застосування препарату AminoStar®. У сорту Дарунок Степу середнє значення за два роки становило 6,2 шт., що на 0,5 шт. більше порівняно з контролем без обробки. У сорту Круіз цей показник досягав 6,3 шт., а приріст відносно контролю становив 0,4 шт. Найвищу кількість зерен у бобі сформував сорт Пристань – 6,5 шт. у середньому за 2025–2026 рр., що на 0,5 шт. перевищувало контрольний варіант. Аналіз середніх значень за фактором А свідчить, що між сортами також існували відмінності. У середньому за фактором В найнижчі показники отримано на контролі без обробки (5,8 шт.), дещо вищі – за обробки водою (5,9 шт.), а максимальні – за використання AminoStar® (6,3 шт.). Це свідчить про позитивний вплив біостимулятора на формування кількості зерен у бобі незалежно від сорту. У всіх досліджуваних сортів найнижчу врожайність отримано у варіанті без обробки, тоді як максимальні показники забезпечило застосування препарату AminoStar®. Крім того, у 2026 вегетаційному році урожайність була дещо вищою порівняно з попереднім роком. Середні значення за фактором В також підтверджують позитивний вплив обробки рослин. Найменшу урожайність забезпечив контроль без обробки – 2,14 т/га, обробка водою практично не змінила цей показник (2,17 т/га), тоді як застосування препарату AminoStar® підвищило середню урожайність до 2,53 т/га, що на 0,39 т/га, або близько 18,2 %, більше порівняно з контролем. **Висновки.** Найвищу кількість зерен у бобі сформував сорт Пристань – 6,5 шт. у середньому за 2024–2026 рр., що на 0,5 шт. перевищувало контрольний варіант. Найвищі значення кількості зерен у бобі були отримані за застосування препарату AminoStar®. У середньому за фактором В найнижчі показники отримано на контролі без обробки (5,8 шт.), дещо вищі – за обробки водою (5,9 шт.), а максимальні – за використання AminoStar® (6,3 шт.). Це свідчить про позитивний вплив біостимулятора на формування кількості зерен у бобі незалежно від сорту. Найвищу кількість зерен на одній рослині сформував сорт Пристань. У середньому за 2025–2026 рр. кількість зерен на одній рослині становила 29,9 шт. у контролі без обробки, 30,4 шт. за обробки водою та 31,0 шт. після застосування AminoStar®. Використання препарату AminoStar® є ефективним агротехнічним прийомом для підвищення урожайності зерна незалежно від сорту. Найвищу продуктивність у досліді забезпечив сорт Пристань у поєднанні з обробкою препаратом AminoStar®, де середня урожайність за два роки досягла 2,78 т/га.

Ключові слова: горох, сорт, регулятор росту, антистресант, врожай.

Zhyhailo D.S., Marchenko T.Yu., Piliarska O.O., Mishchenko S.V., Lavrynenko Yu.O., Marchenko V.D. Formation of the yield structure of field pea varieties (*Pisum sativum* L.) depending on the elements of agricultural technology in the conditions of Southern Ukraine

The aim of the research was to determine the effect of a growth stimulator and anti-stressor based on amino acids of plant origin and biologically active substances (AminoStar®) on the yield of varieties of field peas (*Pisum sativum* L.) in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. **Methods.** Field experiments were conducted at LLC "SK Sergiyevka" in the Bilhorod-Dnistrovskyi district of the Odessa region (46°1′42″ N. lat. 30°22′13″ E.). Three varieties of field peas (grain) were used in the research: the varieties Darunok Stepu, Kruiz, Prystan. Originator: Breeding and Genetic Institute – National Center for Seed Science and Variety Research. AminoStar® is a growth stimulator and anti-stressor of plant origin based on amino acids and biologically active substances. **Results.** The highest values of the number of grains in the bean were obtained when using the drug AminoStar®. In the Darunok Stepu variety, the average value for two years was 6.2 pcs., which is 0.5 pcs. more compared to the control without treatment. In the Kruiz variety, this indicator reached 6.3 pcs., and the increase relative to the control was 0.4 pcs. The highest number of grains in the bean was formed by the Prystan variety – 6.5 pcs. on average for 2025–2026, which was 0.5 pcs. higher than the control variant. Analysis of the average values by factor A shows that there were also differences between the varieties. On average, by factor B, the lowest indicators were obtained in the control without treatment (5.8 pcs.), somewhat higher – with water treatment (5.9 pcs.), and the maximum – with the use of AminoStar® (6.3 pcs.). This indicates a positive effect of the biostimulant on the formation of the number of grains in the bean regardless of the variety. In all studied varieties, the lowest yield was obtained in the no-treatment variant, while the maximum indicators were provided by the use of the AminoStar® preparation. In addition, in the 2026 growing year, the yield was slightly higher compared to the previous year. The average values for factor B also confirm the positive effect of plant treatment. The lowest yield was provided by the no-treatment control – 2.14 t/ha, water treatment practically did not change this indicator (2.17 t/ha), while the use of the AminoStar® preparation increased the average yield to 2.53 t/ha, which is 0.39 t/ha, or about 18.2%, more compared to the control. **Conclusions.** The highest number of grains in the bean was formed by the Prystan variety – 6.5 pcs. on average for 2025–2026, which was 0.5 pcs. higher than the control variant. The highest values of the number of grains in beans were obtained with the use of the AminoStar® preparation. On average, the lowest values for the B factor were obtained in the control without treatment (5.8 pcs.), slightly higher – with water treatment (5.9 pcs.), and the maximum – with the use of AminoStar® (6.3 pcs.). This indicates a positive effect of the biostimulant on the formation of the number of grains in beans regardless of the variety. The highest number of grains per plant was formed by the Prystan variety. On average, for 2025–2026, the number of grains per plant was 29.9 pcs. in the control without treatment, 30.4 pcs. with water treatment and 31.0 pcs. after the use of AminoStar®. The use of the AminoStar® preparation is an effective agrotechnical technique for increasing grain yield regardless of the variety. The highest productivity in the experiment was provided by the Prystan variety in combination with treatment with the AminoStar® preparation, where the average yield over two years reached 2.78 t/ha.

Key words: peas, variety, growth regulator, anti-stress agent, yield.

Дата першого надходження статті до видання: 24.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 633.358:631.8
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.12

ЗЕРНОВА ПРОДУКТИВНІСТЬ ГОРОХУ ПОСІВНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ОБРОБКИ НАСІННЯ ТА ФОЛІАРНОГО ЖИВЛЕННЯ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО

ЗАГНІТКО В.В. – аспірант
orcid.org/0009-0009-8468-3585
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Постановка проблеми. Формування зернової продуктивності гороху посівного значною мірою визначається узгодженістю технологічних прийомів, спрямованих на оптимізацію живлення рослин упродовж вегетації [6]. Особливого значення набуває поєднання способів впливу на рослину на різних етапах її розвитку – від передпосівної обробки насіння до коригування мінерального живлення шляхом фоліарного внесення препаратів [2]. Такий підхід дає можливість не лише забезпечити рослини необхідними елементами живлення, а й створити передумови для формування продуктивного стеблостою, оптимального проходження генеративних етапів та реалізації потенціалу врожайності [4, 5].

Ефективність передпосівної обробки насіння та фоліарного живлення визначається не тільки складом і дозами застосованих препаратів, а й характером їх взаємодії. За комплексного застосування цих заходів можливе посилення їх позитивної дії, однак за певних умов ефект може бути обмеженим через особливості забезпечення рослин елементами живлення та погодні умови в критичні періоди органогенезу. У зв'язку з цим оцінювання окремого та комплексного впливу таких технологічних заходів на продуктивність гороху має важливе значення для визначення ефективних моделей його живлення [7, 8].

В умовах Західного Лісостепу України, де поєднання температурного режиму та вологозабезпечення впродовж вегетаційного періоду може істотно впливати на перебіг ростових і генеративних процесів, ефективність технологічних заходів потребує регіонального експериментального обґрунтування. Недостатньо дослідженим залишається питання формування зернової продуктивності гороху за поєднання передпосівної обробки насіння з різними варіантами фоліарного живлення, що зумовлює необхідність проведення відповідних досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним із важливих напрямів підвищення продуктивності гороху є передпосівна інокуляція насіння препаратами на основі ефективних мікроорганізмів [3]. Її використання спрямоване на формування активного симбіотичного апарату та посилення біологічної фіксації атмосферного азоту, що має особливе значення для зернобобових культур [14]. Експериментальні дослідження підтверджують позитивний вплив інокуляції на ріст і продуктивність гороху. Так, L. Yeremko та ін. [9, 12], встановили істотний вплив інокуляції насіння мікробним препаратом *Rhizogumin* на ріст рослин, урожайність насіння, вміст і вихід білка. За найбільш ефективного поєднання інокуляції з мінеральним живленням урожайність насіння перевищувала контрольний варіант на 26,2 %.

Важливість поєднання інокуляції з мікроелементним живленням підтверджують результати Hossain ін. [10]. Автори досліджували окрему та комплексну дію *Rhizobium*, цинку, бору і молібдену на рослини гороху. Встановлено, що комбіноване застосування ризобіального інокулянта з мікроелементами позитивно впливало на ріст, урожайність, якість продукції та засвоєння поживних елементів рослинами. Найбільший інтерес становило поєднання *Rhizobium* із Zn, B і Mo, що свідчить про перспективність інтегрованого підходу до біологічного та мікроелементного живлення гороху [1].

Поряд з інокуляцією насіння важливим елементом сучасної технології вирощування гороху є фоліарне застосування рідких мікродобрив. Такий спосіб живлення дає змогу оперативно коригувати забезпечення рослин мікроелементами у періоди їх найбільшої потреби [13]. Дослідження Vinay R. та ін. [11] показали позитивний ефект поєднання обробки насіння *Rhizobium* і фоліарного внесення Zn та Fe на показники якості насіння гороху. Автори встановили, що комплексне застосування цих прийомів сприяло покращенню схожості, енергії проростання та інших показників посівних якостей насіння.

Особливого значення у системі мікроелементного живлення бобових культур набувають молібден, кобальт, бор, цинк, марганець, залізо та мідь, які беруть участь у процесах азотного обміну, функціонуванні ферментативних систем, фотосинтезі та формуванні генеративних органів. Саме комплексний характер мікроелементного забезпечення реалізовано у рідкому добриві АВАНГАРД Комплекс Бобові, рекомендованому для гороху та інших зернобобових культур. Препарат містить N, K_2O, MgO, SO_3, B, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, Co та L-амінокислоти; рекомендована норма для зернобобових становить 1,5–2,0 л/га з можливістю застосування у фазах 3–5 трійчастих листків, бутонізації та наливу бобів.

Результати сучасних досліджень свідчать про перспективність як ризобіальної інокуляції насіння, так і фоліарного застосування мікроелементів для оптимізації живлення та підвищення продуктивності гороху. Водночас ефективність зазначених заходів залежить від ґрунтово-кліматичних умов, особливостей сорту, складу препаратів та строків їх застосування. Дослідження L. Yeremko та ін. [] підтверджують доцільність комплексного підходу

© Загнітко В.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

до живлення гороху, тоді як результати Hossain та ін. [] безпосередньо демонструють перспективність поєднання ризобіальної інокуляції з мікроелементами. Однак ефективність конкретного поєднання інокулянта Ризовіт, РизоСтарт та рідкого мікродобрива АВАНГАРД Комплекс Бобові у формуванні зернової продуктивності гороху в умовах Західного Лісостепу України потребує додаткового експериментального обґрунтування.

Мета встановити закономірності формування зернової продуктивності гороху посівного залежно від передпосівної інокуляції насіння інокулянтом Ризовіт, РизоСтарт та фоліарного підживлення рідким мікродобривом АВАНГАРД Комплекс Бобові в умовах Західного Лісостепу України, а також визначити найбільш ефективне їх поєднання.

Матеріали та методика досліджень. Польові дослідження проводили упродовж 2024–2026 рр. на дослідному полі НДЦ «Поділля». Ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлений чорноземом типовим, глибоким, малогумусним, важкосуглинковим, сформованим на лесовидних суглинках, із середнім рівнем забезпечення основними елементами мінерального живлення.

Польові дослідження проводили за трифакторною схемою 2 × 3 × 3 у чотирикратній повторності. Фактор А – сорти гороху посівного: Малахіт і Саксон; фактор В – передпосівна інокуляція насіння: без інокуляції, Ризовіт та РизоСтарт; фактор С – фоліарне живлення: без застосування мікродобрив, одноразове та дворазове внесення рідкого мікродобрива АВАНГАРД Комплекс Бобові. Загальна кількість комбінацій факторів становила 18. Площа елементарної ділянки – 50 м², облікової – 48 м².

Дослід закладали за трифакторною схемою, у якій фактором А – був сорт, фактором Б – була передпосівна обробка насіння, а фактором В – позакореневе підживлення рослин рідким мікродобривом. Така схема дала змогу оцінити як самостійну дію досліджуваних чинників, так і ефективність їх поєднання у формуванні морфологічних показників та зернової продуктивності гороху посівного.

Результати досліджень свідчать про істотний вплив сорту, способу інокуляції насіння та фоліарного живлення мікродобривами на зернову продуктивність гороху посівного. Урожайність у досліджуваних варіантах у 2024–2026 рр. змінювалася залежно від поєднання факторів, а також від погодних умов року проведення досліджень.

У 2024 році продуктивність гороху була достатньо високою. За вирощування сорту Малахіт без інокуляції та без застосування мікродобрив урожайність становила 2,38 т/га. Застосування фоліарного живлення препаратом АВАНГАРД Бобові підвищувало цей показник до 2,77 т/га, або на 0,39 т/га (16,4%). Найвищу продуктивність у цьому варіанті отримано за поєднання інокуляції АВАНГАРД Бобові та дворазового фоліарного застосування цього ж препарату – 2,99 т/га, що на 0,61 т/га, або 25,6%, більше порівняно з контролем.

За використання інокулянта Ризовіт без мікродобрив урожайність сорту Малахіт становила 2,58 т/га, що на 0,20 т/га перевищувало контроль. Фоліарне застосування АВАНГАРД Бобові забезпечило підвищення продуктивності до 2,95 т/га, а поєднання інокуляції з дворазовим фоліарним живленням – до 3,45 т/га. Таким чином, порівняно з контролем приріст урожайності становив відповідно 0,57 та 1,07 т/га.

Найбільш ефективним серед досліджуваних варіантів інокуляції для сорту Малахіт у 2024 році виявився РизоСтарт. Без застосування мікродобрив урожайність становила 2,67 т/га, за одноразового фоліарного живлення – 3,23 т/га, а за поєднання інокуляції та дворазового внесення АВАНГАРД Бобові – 3,83 т/га. Отже, максимальний показник для сорту Малахіт був отриманий саме за цієї комбінації факторів.

У сорту Саксон характер впливу досліджуваних факторів був аналогічним. За відсутності інокуляції та мікродобрив урожайність становила 2,45 т/га. Застосування АВАНГАРД Бобові підвищувало її до 2,56 т/га, а дворазове застосування препарату – до 3,06 т/га. За інокуляції Ризовітом урожайність без мікродобрив зростала до 2,64 т/га, за фоліарного живлення – до 2,99 т/га, а за комплексного застосування інокуляції та дворазового фоліарного підживлення – до 3,69 т/га. Найвищі значення для сорту Саксон отримано за використання РизоСтарту: 2,74; 3,21 та 4,01 т/га відповідно.

2025 рік характеризувався істотним зниженням зернової продуктивності порівняно з 2024 роком. Так, у сорту Малахіт на контролі урожайність становила лише 1,52 т/га, тоді як за застосування АВАНГАРД Бобові – 1,94 т/га, а за поєднання інокуляції та дворазового фоліарного живлення – 2,05 т/га. Аналогічна закономірність спостерігалася за використання Ризовіту: урожайність становила 1,78; 2,12 та 2,35 т/га, а за використання РизоСтарту – 1,86; 2,20 та 2,61 т/га.

У сорту Саксон у 2025 році мінімальну урожайність (1,74 т/га) отримано без інокуляції та мікродобрив. Застосування фоліарного живлення збільшувало її до 2,26 т/га, а поєднання інокуляції АВАНГАРД Бобові з дворазовим внесенням препарату – до 2,40 т/га. Використання Ризовіту забезпечило урожайність 2,23–2,75 т/га, тоді як РизоСтарту на рівні 2,29–2,91 т/га. Максимальний показник у 2025 році – 2,91 т/га – отримано у сорту Саксон за інокуляції РизоСтартом та дворазового фоліарного живлення АВАНГАРД Бобові.

У 2026 році спостерігалося істотне підвищення зернової продуктивності порівняно з попереднім роком. У сорту Малахіт на контролі урожайність становила 3,15 т/га, за фоліарного застосування АВАНГАРД Бобові – 3,28 т/га, а за комплексного застосування інокуляції та дворазового фоліарного живлення – 3,80 т/га. За використання Ризовіту показники становили 3,36; 3,45 та 4,14 т/га, а РизоСтарту – 3,39; 3,57 та 4,39 т/га відповідно.

У сорту Саксон у 2026 році також встановлено чітку позитивну реакцію на досліджувані технологічні заходи. На контролі урожайність становила 3,28 т/га, за фоліарного живлення – 3,40 т/га, а за комплексного застосування інокуляції та дворазового внесення АВАНГАРД Бобові – 3,99 т/га. Використання Ризовіту підвищувало урожайність до 3,51–4,28 т/га, а РизоСтарту – до 3,77–4,64 т/га.

Таблиця 1

Урожайність зерна гороху залежно від обробки насіння та фоліарного живлення (середнє за 2024-2026 рр.), т/га

Фактор А	Фактор В	Фактор С	2024	2025	2026
Малахіт	Без інокуляції	без мікродобрив	2,38	1,52	3,15
		АВАНГАРД Бобові	2,77	1,94	3,28
		АВАНГАРД Бобові + АВАНГАРД Бобові	2,99	2,05	3,80
	Ризовіт	без мікродобрив	2,58	1,78	3,36
		АВАНГАРД Бобові	2,95	2,12	3,45
		АВАНГАРД Бобові + АВАНГАРД Бобові	3,45	2,35	4,14
	РизоСтарт	без мікродобрив	2,67	1,86	3,39
		АВАНГАРД Бобові	3,23	2,20	3,57
		АВАНГАРД Бобові + АВАНГАРД Бобові	3,83	2,61	4,39
Саксон	Без інокуляції	без мікродобрив	2,45	1,74	3,28
		АВАНГАРД Бобові	2,56	2,26	3,40
		АВАНГАРД Бобові + АВАНГАРД Бобові	3,06	2,40	3,99
	Ризовіт	без мікродобрив	2,64	2,23	3,51
		АВАНГАРД Бобові	2,99	2,48	3,81
		АВАНГАРД Бобові + АВАНГАРД Бобові	3,69	2,75	4,28
	РизоСтарт	без мікродобрив	2,74	2,29	3,77
		АВАНГАРД Бобові	3,21	2,57	3,92
		АВАНГАРД Бобові + АВАНГАРД Бобові	4,01	2,91	4,64
		$НІР_{0,05}$	0,14	0,11	0,13

Статистична оцінка отриманих результатів підтверджує достовірність установлених відмінностей. Значення $НІР_{0,05}$ для урожайності становили 0,14 т/га у 2024 р., 0,11 т/га у 2025 р. та 0,13 т/га у 2026 р. Більшість різниць між контрольними та дослідними варіантами перевищували відповідні значення $НІР_{0,05}$, що свідчить про істотний вплив інокуляції та фоліарного живлення на формування зернової продуктивності гороху.

Висновки. Отримані дані демонструють, що найнижчу зернову продуктивність у більшості варіантів формували рослини без інокуляції насіння та без фоліарного живлення, тоді як кожен із додаткових технологічних заходів сприяв її підвищенню.

Порівняння інокулянтів показує, що РизоСтарт у більшості випадків забезпечував найвищу продуктивність. Особливо виразною була його дія за поєднання з дворазовим фоліарним живленням препаратом АВАНГАРД Бобові. Саме така комбінація забезпечила максимальні значення урожайності в усі роки досліджень: у сорту Малахіт – 3,83; 2,61 та 4,39 т/га, а у сорту Саксон –4,01; 2,91 та 4,64 т/га у 2024, 2025 та 2026 роках відповідно.

Найвищу зернову продуктивність за весь період досліджень – 4,64 т/га сформував сорт Саксон у 2026 році за інокуляції насіння препаратом РизоСтарт та дворазового фоліарного підживлення АВАНГАРД Бобові. Порівняно з контрольним варіантом цього сорту (3,28 т/га) приріст становив 1,36 т/га.

Водночас мінімальну урожайність 1,52 т/га зафіксовано у сорту Малахіт у 2025 році без інокуляції насіння та без застосування мікродобрив. Таким чином, різниця між мінімальним і максимальним значеннями продуктивності становила 3,12 т/га, що свідчить про значну залежність урожайності гороху від складних погодних умов у критичний період для рослин гороху.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гамаюнова В.В., Єрмолаєв В.М. Урожайність зерна гороху залежно від передпосівної обробки насіння та оптимізації живлення в умовах Південного Степу України. *Аграрні інновації.* 2024. № 23. С. 228–233. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.33
2. Небаба К.С., Хмелянчишин Ю.В. Формування індивідуальної та насіннєвої продуктивності гороху посівного залежно від агротехнічних прийомів вирощування в умовах лісостепу західного. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка.* 2023. №. 40. С. 34-39. https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-3.5
3. Електронний ресурс. Інокуляція гороху: маркетинговий хід чи реально прибуткова справа? https://surli.cc/rcikoh (дата звернення 10.07.2026 р.).
4. Камінський В.Ф., Сокирко Д.П., Гангур В.В. Вплив технологічних прийомів на формування продуктивності гороху в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. Вип. 117. С. 73–79. https://doi.org/10.32851/2226–0099.2021.117.10
5. Глубокий О.М., Авраменко С.В., Попов С.І. Формування продуктивності сортів гороху залежно від умов вирощування в східному лісостепу України. *Генетичні ресурси рослин*. 2021. № 29. С. 113–122. https://doi.org/10.36814/pgr.2021.29.11
6. Рибальченко А.М., Косенко В.Ю. Вплив норм висіву гороху на формування елементів структури та урожайність зерна. *Таврійський науковий вісник.* 2023. № 132. С. 204-209. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.132.25
7. Mazur V., Tkachuk O., Pantsyreva H., Demchuk O. Quality of pea seeds and agroecological condition of soil when using structured water. *Scientific Horizons.* 20 21. Vol. 24. № 7. P. 53–60. https://doi.org/10.0.187.205/scihor.24(7).2021.53-60

8. Khomina V., Lapchynskyi V., Pustova Z., Nebaba K., Plahtiy D. Microbial inoculants as a means of improving soil and crop yields. *Scientific Horizons.* 2024. Vol. 27. № 10. Pp. 79-90. https://doi.org/10.48077/scihor10.2024.79
9. Yeremko L., Hanhur V., Staniak M. Effect of Mineral Fertilization and Seed Inoculation with Microbial Preparation on Seed and Protein Yield of Pea *(Pisum sativum L.)*. *Agronomy.* 2024. Vol. 14, No. 5. Article 1004. https://doi.org/10.3390/agronomy14051004
10. Hossain A. et al. Rhizobium Inoculation and Micronutrient Addition Influence the Growth, Yield, Quality and Nutrient Uptake of Garden Peas *(Pisum sativum L.)*. Phyton-International Journal of Experimental Botany. 2024. Vol. 93, No. 5. P. 901–922. https://doi.org/10.32604/phyton.2024.049226
11. Vinay, Sharma R., Dilta B. S., Sharma S., Thakur A. Seed Coating Treatments and Foliar Spray of Micronutrients Enhance Quality of Harvested Seeds in Garden Pea *(Pisum sativum L.)*. *International Journal of Plant & Soil Science*. 2024. Vol. 36, No. 5. P. 441–449. https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i54541
12. Yeremko L., Hanhur V., Staniak M. Effect of fertilization and microbial preparations on productivity of chickpea *(Cicer arietinum L.)*. *Acta Agrobotanica*. 2024. Vol. 77. Article 182829. https://doi.org/10.5586/aa/182829
13. Tulbek M.C., LamY., Wang P., Asavajaru A. Pea: A Sustainable Vegetable Protein Crop. Sustainable Protein Sources. 2017. P. 145-164. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00009-3
14. Nebaba K., Khmelianchyshyn Yu., Panasiuk R., Puczel J., Koberniuk O. Influence of biostimulants on physiological processes, productivity, and quality of pea crop in modern agriculture. *Scientific Horizons*. 2025. Vol. 28. № 1. Pp. 61-72. https://doi.org/10.48077/scihor1.2025.61

REFERENCES:

1. Hamayunova, V. V., & Yermolaiev, V. M. (2024). Urozhainist zerna horokhu zalezhno vid peredposivnoi obrobky nasinnia ta optymizatsii zhyvlennia v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Grain yield of pea depending on pre-sowing seed treatment and nutrition optimization under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine]. *Ahrarni innovatsii*, 23, 228–233. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.23.33 [in Ukrainian].
2. Nebaba, K. S., & Khmelianchyshyn, Yu. V. (2023). Formuvannia indyvidualnoi ta nasinnievoi produktyvnosti horokhu posivnoho zalezhno vid ahrotekhnichnykh pryiomiv vyroshchuvannia v umovakh Lisostepu Zakhidnoho [Formation of individual and seed productivity of field pea depending on agrotechnical cultivation practices under the conditions of the Western Forest-Steppe]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*, 40, 34–39. https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-3.5 [in Ukrainian].
3. *Inokuliatsiia horokhu: marketynhovyi khid chy realno prybutkova sprava?* [Pea inoculation: A marketing move or a really profitable business?]. (n.d.). Electronic resource. Available at: https://surli.cc/rcikoh (accessed July 10, 2026) [in Ukrainian].
4. Kaminskyi, V. F., Sokyrko, D. P., & Hanhur, V. V. (2021). Vplyv tekhnolohichnykh pryiomiv na formuvannia produktyvnosti horokhu v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Influence of technological practices on the formation of pea productivity under the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 117, 73–79. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.10 [in Ukrainian].
5. Hlubokyi, O. M., Avramenko, S. V., & Popov, S. I. (2021). Formuvannia produktyvnosti sortiv horokhu zalezhno vid umov vyroshchuvannia v Skhidnomu Lisostepu Ukrainy [Formation of productivity of pea varieties depending on growing conditions in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine]. *Henetychni resursy roslyn*, 29, 113–122. https://doi.org/10.36814/pgr.2021.29.11 [in Ukrainian].
6. Rybalchenko, A. M., & Kosenko, V. Yu. (2023). Vplyv norm vysivu horokhu na formuvannia elementiv struktury ta urozhainist zerna [Influence of pea seeding rates on the formation of yield structure elements and grain yield]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 132, 204–209. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.132.25 [in Ukrainian].
7. Mazur, V., Tkachuk, O., Pantsyreva, H., & Demchuk, O. (2021). Quality of pea seeds and agroecological condition of soil when using structured water. *Scientific Horizons*, 24(7), 53–60. https://doi.org/10.0.187.205/scihor.24(7).2021.53-60 [in Ukrainian].
8. Khomina, V., Lapchynskyi, V., Pustova, Z., Nebaba, K., & Plahtiy, D. (2024). Microbial inoculants as a means of improving soil and crop yields. *Scientific Horizons*, 27(10), 79–90. https://doi.org/10.48077/scihor10.2024.79 [in Ukrainian].
9. Yeremko, L., Hanhur, V., & Staniak, M. (2024). Effect of mineral fertilization and seed inoculation with microbial preparation on seed and protein yield of pea (*Pisum sativum* L.). *Agronomy*, 14*(5)*, Article 1004. https://doi.org/10.3390/agronomy14051004 [in Ukrainian].
10. Hossain, A., et al. (2024). Rhizobium inoculation and micronutrient addition influence the growth, yield, quality and nutrient uptake of garden peas (*Pisum sativum* L.). *Phyton-International Journal of Experimental Botany*, 93(5), 901–922. https://doi.org/10.32604/phyton.2024.049226 [in Switzerland].
11. Vinay, Sharma, R., Dilta, B. S., Sharma, S., & Thakur, A. (2024). Seed coating treatments and foliar spray of micronutrients enhance quality of harvested seeds in garden pea (*Pisum sativum* L.). *International Journal of Plant & Soil Science*, 36(5), 441–449. https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i54541 [in India]
12. Yeremko, L., Hanhur, V., & Staniak, M. (2024). Effect of fertilization and microbial preparations on productivity of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Acta Agrobotanica*, 77, Article 182829. https://doi.org/10.5586/aa/182829 [in Poland].
13. Tulbek, M. C., Lam, Y., Wang, P., & Asavajaru, A. (2017). Pea: A sustainable vegetable protein crop. In *Sustainable Protein Sources*, 145–164. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00009-3 [in USA].
14. Nebaba, K., Khmelianchyshyn, Yu., Panasiuk, R., Puczel, J., & Koberniuk, O. (2025). Influence of biostimulants on physiological processes, productivity, and quality of pea crop in modern agriculture. *Scientific Horizons*, 28(1), 61–72. https://doi.org/10.48077/scihor1.2025.61 [in Ukrainian].

Загнітко В.В. Зернова продуктивність гороху посівного залежно від обробки насіння та фоліарного живлення в умовах Лісостепу Західного

У статті наведено результати досліджень щодо формування зернової продуктивності гороху посівного залежно від передпосівної інокуляції насіння та фоліарного живлення рідким мікродобривом в умовах Західного Лісостепу України. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю удосконалення технології вирощування гороху шляхом раціонального поєднання біологічних і агротехнологічних чинників, спрямованих на оптимізацію живлення рослин, активізацію процесів симбіотичної азотфіксації та підвищення зернової продуктивності культури.

Метою дослідження було встановлення закономірностей формування зернової продуктивності гороху посівного залежно від передпосівної інокуляції насіння препаратами Ризовіт і РизоСтарт та фоліарного підживлення рідким мікродобривом АВАНГАРД Комплекс Бобові, а також визначення найбільш ефективного поєднання досліджуваних чинників. Польові дослідження проводили упродовж 2024–2026 рр. на дослідному полі НДЦ «Поділля». Ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлений чорноземом типовим, глибоким, малогумусним, важкосуглинковим, сформованим на лесовидних суглинках.

Установлено чітку закономірність підвищення зернової продуктивності гороху за комплексного застосування передпосівної інокуляції та фоліарного живлення. Відсутність інокуляції та мікродобрив у більшості випадків характеризувалася найнижчими показниками врожайності. Одноразове фоліарне внесення АВАНГАРД Комплекс Бобові забезпечувало додаткове підвищення продуктивності рослин, тоді як дворазове застосування препарату сприяло формуванню найвищих показників урожайності.

Виявлено, що ефективність інокуляції залежала від сорту та рівня фоліарного живлення. Серед досліджуваних інокулянтів більш стабільний позитивний ефект у формуванні зернової продуктивності забезпечував РизоСтарт. Найвищі показники отримано за поєднання передпосівної інокуляції насіння РизоСтартом із дворазовим фоліарним підживленням АВАНГАРД Комплекс Бобові. За цієї технологічної комбінації врожайність сорту Малахіт становила 3,83; 2,61 та 4,39 т/га, а сорту Саксон – 4,01; 2,91 та 4,64 т/га у 2024, 2025 та 2026 рр. відповідно. Максимальне значення зернової продуктивності – 4,64 т/га – сформував сорт Саксон у 2026 році.

Ключові слова: горох посівний, зернова продуктивність, сорт, інокуляція, фоліарне живлення.

Zagnitko V.V. Grain Productivity Of Field Pea Depending On Seed Treatment And Foliar Nutrition Under The Conditions Of The Western Forest-Steppe

The article presents the results of a study on the formation of grain productivity of field pea depending on pre-sowing seed inoculation and foliar application of a liquid micronutrient fertilizer under the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. The relevance of the study is determined by the need to improve field pea cultivation technology through the rational combination of biological and agrotechnological factors aimed at optimizing plant nutrition, enhancing symbiotic nitrogen fixation, and increasing grain productivity.

The aim of the study was to establish the patterns of grain productivity formation in field pea depending on pre-sowing seed inoculation with Rizovit and RizoStart preparations and foliar application of the liquid micronutrient fertilizer AVANGARD Complex Legumes, as well as to determine the most effective combination of the studied factors. Field experiments were conducted during 2024–2026 at the experimental field of the Podillia Research Center. The soil cover of the experimental site was represented by a typical, deep, low-humus, heavy-loamy chernozem formed on loess-like loams.

A clear trend toward increased grain productivity of field pea was established under the combined application of pre-sowing seed inoculation and foliar nutrition. The absence of inoculation and micronutrient application was generally associated with the lowest yield levels. A single foliar application of AVANGARD Complex Legumes provided an additional increase in plant productivity, whereas two applications of the preparation contributed to the formation of the highest yield levels.

It was established that the effectiveness of inoculation depended on the variety and the level of foliar nutrition. Among the inoculants studied, RizoStart provided a more consistent positive effect on grain productivity formation. The highest productivity was obtained when pre-sowing seed inoculation with RizoStart was combined with two foliar applications of AVANGARD Complex Legumes. Under this technological combination, the yield of the Malakhit variety was 3.83, 2.61, and 4.39 t ha^{-1}, while that of the Saxon variety was 4.01, 2.91, and 4.64 t ha^{-1} in 2024, 2025, and 2026, respectively. The maximum grain productivity, 4.64 t ha^{-1}, was recorded for the Saxon variety in 2026.

Key words: field pea, grain productivity, variety, inoculation, foliar nutrition.

Дата першого надходження статті до видання: 02.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 633.34:631.847:631.559
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.13

СУЧАСНІ СТРАТЕГІЇ СУМІЩЕННЯ ПОЗАКОРЕНЕВОГО ЖИВЛЕННЯ ТА ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН У ТЕХНОЛОГІЯХ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ

ЗУБКО О.М. – аспірант
orcid.org/0009–0003–2728–2116
Сумський національний аграрний університет
БУТЕНКО Є.Ю. – доктор філософії
orcid.org/0000–0001–8904–519X
Сумський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Сучасний стан розвитку вітчизняного та світового рослинництва характеризується зростаючою потребою у виробництві високобілкової та олійної сировини, серед якої соя посідає ключове місце. Унікальні біохімічні властивості її зерна та здатність до симбіотичної азотфіксації роблять цю культуру стратегічним елементом як для забезпечення продовольчої безпеки, так і для збереження родючості ґрунтів. Водночас реалізація генетичного потенціалу продуктивності сої в умовах сучасних виробничих агроекосистем стикається із низкою суттєвих обмежень, зумовлених посиленням абіотичного та біотичного стресового навантаження.

Кліматичні трансформації останніх років, що проявляються у зростанні посушливості, частих температурних інверсіях та нестабільності опадів у критичні фази органогенезу сої (бутонізація – формування бобів), призводять до суттєвого порушення засвоєння макро- та мікроелементів із ґрунту. Традиційні системи ґрунтового зрушення та удобрення за таких умов часто виявляються малоефективними, оскільки прихований дефіцит поживних речовин блокує роботу фотосинтетичного апарату та пригнічує функціонування симбіотичного азотфіксувального комплексу. Додатково ситуація ускладнюється високим фітосанітарним тиском: змішаний тип забур'яненості, поширення патогенів (фузаріоз, септоріоз, пероноспороз) та пошкодження фітофагами здатні спричинити втрати понад 40–50 % потенційного врожаю.

Гострою практичною та науковою проблемою залишається високе хімічне навантаження на посівні площі, оскільки інтенсивне застосування пестицидів не лише підвищує собівартість продукції, але й викликає пестицидний стрес у самих культурних рослин, затримуючи їхній ріст та розвиток. Виникає технологічна суперечність між необхідністю забезпечення високого рівня захисту посівів та збереженням їхньої біологічної активності і фізіологічного тонусу.

У зв'язку з цим виникає потреба в обґрунтуванні та впровадженні ресурсозберігаючих біологізованих технологій. Ключове місце в їх структурі належить оптимізації систем позакореневого підживлення (застосуванню мікроелементів, біостимуляторів, антистресантів) у тісній інтеграції із заходами фітосанітарного контролю. Поєднання цих елементів у єдині технологічні регламенти та бакові суміші дозволяє нівелювати гербіцидне пригнічення, пролонгувати асиміляційну діяльність листкової поверхні та забезпечити стабільний прибуток. Проте різноманіття пропонованих на ринку препаратів та варіативність ґрунтово-кліматичних умов вимагають глибшого аналізу, систематизації та наукового узагальнення існуючого досвіду.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання оптимізації елементів технології вирощування сої, зокрема живлення та захисту, висвітлено у працях багатьох вітчизняних та зарубіжних науковців. Дослідження Dushko & Shumyhai [1] підтверджують, що позакореневі обробки мікроелементами (бором, молібденом, кобальтом, сіркою) є дієвим інструментом для швидкого усунення прихованого дефіциту живлення, підвищення фотосинтетичної активності та підтримки азотфіксувального апарату. Значний внесок у вивчення взаємодії інокуляції, основних добрив та регуляторів росту зробили Furman та ін. [2], які довели, що поєднання інокуляції з підживленням забезпечує високий рівень фіксації біологічного азоту (до 124,2–130,3 кг/га N) та формує стабільну зернову продуктивність. Можливості біологізації систем живлення висвітлено у працях Дідура [11], де обґрунтовано, що використання біопрепаратів дозволяє скоротити норми мінеральних добрив на 30 % із збереженням високої рентабельності вирощування (до 119,4–125,0 %). Проблематику фітосанітарного захисту та його вплив на оптимізацію асиміляційного апарату детально досліджували Mostypan & Grabovskiy [5], встановивши позитивну динаміку розвитку площі листя за комбінованого застосування протруйників та вегетаційних фунгіцидів. Водночас комплексну економічну оцінку гербіцидних та фунгіцидних схем висвітлено у працях Grabovskyi & Mostypan [3], де доведено можливість збереження від 0,37 до 1,72 т/га зерна та забезпечення умовно чистого прибутку на рівні понад 30 тис. грн./га. Попри значну цінність зазначених досліджень, поза увагою науковців залишається комплексне системне узагальнення синергічного ефекту від одночасного суміщення позакореневих підживлень, біостимуляторів та сучасних пестицидів у єдиних бакових сумішах. Малодослідженими залишаються питання нівелювання гербіцидного та температурного стресів за допомогою позакореневих обробок саме в специфічних ґрунтово-кліматичних умовах Північно-Східного Лісостепу

© Зубко О.М., Бутенко Є.Ю., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

України, що вимагає додаткового наукового аналізу та систематизації.

Мета дослідження полягає в науковому узагальненні та систематизації результатів сучасних наукових розробок щодо впливу позакореневого підживлення, інокуляції та засобів інтегрованого фітосанітарного захисту на фізіолого-біохімічні процеси, формування асиміляційного апарату, показники насіннєвої продуктивності та економічну ефективність вирощування сої, а також в обґрунтуванні пріоритетних напрямів оптимізації цих елементів технології в різних грунтово-кліматичних умовах України.

Результати дослідження. Систематизація наукових даних свідчить, що оптимізація технологічних прийомів вирощування сої базується на комплексному поєднанні передпосівної обробки насіння, раціонального підживлення та надійного контролю шкодочинних організмів.У дослідженнях на чорноземах типових Центрального Лісостепу високі показники розвитку асиміляційного апарату сорту Меркур отримано за сумісного використання передпосівної інокуляції препаратом Нітрофікс П, внесення основного удобрення в дозі та дворазової вегетаційної обробки стимулятором Гулівер Стимул. За зазначеної схеми площа листкової поверхні посіву становила 44,1 тис. /га, накопичення сухої біомаси сягало 6,89 т/га, а підсумкова насіннєва продуктивність зафіксована на рівні 2,90 т/га [13]. В умовах Правобережного Лісостепу застосування Фосфонітрагіну подовжувало період активного симбіозу на 5 діб, а внесення до сівби у поєднанні з у фазу бутонізації забезпечило фіксацію біологічного азоту в межах 124,2–130,3 кг/га N при врожайності 2,91–3,17 т/га [2]. За умов Північного Степу для сорту Самородок доведено доцільність формування густоти посіву на рівні 700 тис. схожих насінин на гектар із передпосівною обробкою насіннєвого матеріалу комплексом Різоактив та Вітазим на тлі фосфорно-калійного удобрення. Така технологічна комбінація забезпечила врожайність зерна на рівні 2,78 т/га, що перевищило контрольний варіант на 18,8 % [17]. У зоні Передкарпаття використання біологічного деструктора Вермистим-Д, мікродобрива Вермимаг та заорювання сидеральних культур сприяло покращенню структури врожаю: кількість бобів на одній рослині зросла на 12,1–39,3 %, а маса 1000 насінин підвищилася на 5,1–21,4 %. У результаті урожайність сої зросла на 65–85 %, досягши 1,14–1,49 т/га [4]. Аналіз ростових процесів в умовах Уманського агроекологічного регіону показав, що застосування азотних добрив підвищує інтенсивність накопичення маси рослин на 16–28 %. Зокрема, внесення стартової дози забезпечувало підвищення маси однієї рослини до 12,3–13,8 г [19]. У той же час у Західному Лісостепу припосівне локальне внесення складного туку NPK 12-24-12 у дозі 100 кг/га у фізичній вазі забезпечило формування 4,03 т/га зерна проти 3,01–3,08 т/га у контрольних варіантах [18]. Застосування позакореневих обробок органо-мінеральними препаратами показує високу фізіологічну реакцію посівів. Обприскування рослин Гуміфілдом (0,4 л/га) та Хелп Рост соя (2 л/га) сприяло розростанню асиміляційної площі листя на 14,9–18,1 % [10]. Додавання до основного удобрення ґрунтового біопрепарату Граундфікс у нормі 5 л/га забезпечило збільшення листкової поверхні на 22,3–27,6 %. Скорочення норм мінерального азоту на 30 % при залученні біопрепаратів дозволило досягти рентабельності на рівні 119,4–125,0 % [11]. У Передкарпатському регіоні на тлі післядії 40 т/га напівперепрілого гною внесення мінеральних добрив у дозі забезпечило врожайність на рівні 2,13–2,25 т/га. На темно-сірих опідзолених ґрунтах поєднання із заорюванням соломи та післядією сидератів забезпечило 2,6 т/га зерна з вмістом білка 32,9 % та рівнем рентабельності 39 %. У ланці сівозміни соя – соя – пшениця озима приріст урожайності від органо-мінерального живлення сягав 1,94 т/га [8]. На бідних дерново-підзолистих ґрунтах Західного Полісся оптимізація реакції ґрунтового розчину шляхом вапнування разом із внесенням, збагаченням сіркою та мікроелементами підвищувала польову виживаність рослин до 80,7–80,9 %, а врожайність – до 2,48–2,60 т/га. При регулюванні водно-повітряного режиму на осушуваних землях внесення у поєднанні з побічною продукцією та Нано-Мінераліс РК дозволило отримати 2,89–3,28 т/га зерна [7]. У Лівобережному Лісостепу залучення побічної продукції попередника, сидератів та біологічних добрив забезпечило врожайність сорту Муза на рівні 1,84 т/га (приріст 29 %) із формуванням умовно чистого прибутку 40,4 тис. грн./га. Під час органічного вирощування інокуляція насіння препаратом Біомаг соя та підгортання рослин у фазі першого справжнього листка збільшували площу асиміляційного апарату до 43,8–47,4 тис./га [9]. Умова зрошення в Південному Степу суттєво підвищує ефективність інокуляції (препаратами Оптимайз чи Нітрофікс), забезпечуючи приріст врожаю на 6,2–19,8 %, а за повного хімічного захисту урожайність сорту Деймос сягала 3,88 т/га [15]. У цьому ж регіоні обробка насіння Фосфат гелем у поєднанні із захистом рослин забезпечувала чистий прибуток 41,4–42,4 тис. грн./га при рентабельності 249–254 % [16]. Оцінка ентомофауни в посівах сої Правобережного Лісостепу виявила 34 види фітофагів, серед яких превалювали представники рядів Hemiptera (43,4 %) та Coleoptera (39,2 %) [12]. Моніторинг фітопатологічного стану в умовах Житомирської області встановив домінування фузаріозної інфекції (28 %), пероноспорозу (23 %) та септоріозу (21 %) [6]. Сумісне застосування передпосівного протруєння насіння препаратом Авідо та вегетаційного обприскування фунгіцидом Амістар Екстра гарантувало технічну ефективність захисту на рівні 75,2–78,0 % та підсумкову врожайність 2,51 т/га. Передпосівна обробка насіння загалом знижує втрати від комплексу патогенів на 50–65 % [14]. Дослідження засобів захисту свідчать, що використання фунгіциду Імпакт К (0,8 л/га) та Абакус (1,5 л/га) ефективно запобігає недобору врожаю, який без обробок від хвороб становить 20–40 %, а в роки епіфітотій перевищує 50–60 % [9]. Оцінка протибур'янового захисту доводить, що гербіцидні обробки забезпечують додаткове збереження 1,00–1,72 т/га зерна. Найвищі показники (урожайність до 3,33 т/га) отримано за використання бакових сумішей Корум (2 л/га) + Ачіба (2 л/га) або Базагран (3 л/га) + Фюзілад Форте (1 л/га). Це гарантувало формування умовно чистого прибутку на рівні 26640,3–32807,6 грн/га при рентабельності 106,6–128,5 % [14].

Висновки. Систематизація та узагальнення наукових даних підтверджують високу ефективність інтеграції позакореневого живлення, біостимуляторів і засобів захисту рослин у єдині технологічні регламенти вирощування сільськогосподарських культур. Комплексне застосування зазначених компонентів дає змогу одночасно оптимізувати мінеральне живлення, підвищити фізіологічну активність рослин, посилити їхню стійкість до несприятливих умов середовища та забезпечити ефективніший контроль шкідливих організмів.

Оптимізація складу та параметрів бакових сумішей є важливим елементом ресурсозберігальної технології, оскільки забезпечує синергічну або адитивну дію препаратів, скорочує кількість технологічних операцій, зменшує витрати на їх проведення та сприяє раціональнішому використанню матеріально-технічних ресурсів. Водночас ефективність таких сумішей значною мірою залежить від фізико-хімічної сумісності компонентів, їх концентрацій, строків і способів застосування, а також від погодних умов та фізіологічного стану рослин.

Інтегровані технологічні рішення сприяють нівелюванню негативного впливу як абіотичних факторів – посухи, температурного стресу, дефіциту елементів живлення, надмірного зволоження, так і біотичних чинників, зокрема ураження хворобами та пошкодження шкідниками. За рахунок підтримання оптимального рівня живлення та стимулювання фізіолого-біохімічних процесів у рослинах формується вищий рівень їх адаптивного потенціалу, що позитивно позначається на рості, розвитку, продуктивності та якості врожаю.

Отже, науково обґрунтована оптимізація бакових сумішей та інтеграція позакореневого живлення, біостимуляторів і засобів захисту рослин є перспективним напрямом удосконалення сучасних технологій вирощування культур. Її практична цінність полягає не лише у підвищенні врожайності та якості продукції, а й у зниженні питомих виробничих витрат, підвищенні ефективності використання препаратів і забезпеченні стабільності технологічного процесу за мінливих умов вирощування. У результаті це створює передумови для підвищення економічної ефективності виробництва, стабілізації прибутковості та високої окупності вкладених ресурсів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Dushko P., Shumyhai I. Influence of fertilization systems on the productivity of soybean plants (*Glycine max* L.). *Agroecological Journal*. 2023. № 4. P. 175–180. https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2023.293796
2. Furman V. A., Furman O. V., Hubar M. I., Svystunova I. V. Influence of inoculation and fertilizing on the symbiotic and seed productivity formation of soybean. *Taurian Scientific Herald*. 2022. № 123. P. 137–144. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.123.19
3. Grabovskyi M. B., Mostypan O. V. Economic assessment of the use of fungicidal and herbicidal protection of soybean varieties of different maturity groups. *Taurian Scientific Herald*. 2023. № 134. P. 45–53. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.7
4. Melnychuk T., Sendetskyi V., Sendetskyi I., Kurlyanova I., Tuts L. The influence of types of organic fertilization on soybean productivity under the conditions of the Pre-Carpathian region. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*. 2026. Vol. 79, № 2. P. 91–102. https://doi.org/10.32636/01308521.2026-(79)-2-9
5. Mostypan O., Grabovskiy M. The influence of fungicidal protection on the formation of photosynthetic parameters of soybean crops. *Агробіологія*. 2023. № 2 (183). С. 50–59. https://doi.org/10.33245/2310-9270-2023-183-2-50-59
6. Nevmerzhitska O. M., Plotnitska N. M., Gurmanchuk O. V. Assessment of the efficiency of fungicides in the soybean protection system. *Taurian Scientific Herald*. 2023. № 133. P. 71–77. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.10
7. Nimenko S. S., Grabovskyi M. B. The influence of elements of technology on the formation of the leaf surface area of soybean plants under organic cultivation. *Taurian Scientific Herald*. 2023. № 130. P. 155–163. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.23
8. Polovyi V. M., Furman V. M., Moroz O. S., Liusak A. V. Monitoring of soybean productivity under different fertilizer systems in the Western Forest-Steppe. *Taurian Scientific Herald*. 2022. № 126. P. 92–98. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.126.13
9. Prytula O. V. Soybean crop productivity using different types of fungicides. *Taurian Scientific Herald*. 2025. Vol. 2, № 143. P. 61–66. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.2.8
10. Zabolotny H., Peleh L., Didur V., Soroka S. Influence of optimization of the fertilizer system on the formation of photosynthetic productivity of soybean crops. *Agriculture and Forestry*. 2024. № 3 (34). P. 14–23. https://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-3-2
11. Дідур І. М. Економічна оцінка моделей технології вирощування сої за біологізованої системи живлення. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 2. P. 214–221. https://doi.org/10.37128/2707-5826-2023-2-19
12. Ворожко С. П., Нечепоренко Л. П. Видова різноманітність шкідників на посівах сої в умовах Правобережного Лісостепу України. *The Scientific Journal Grain Crops*. 2025. Т. 9, № 1. С. 169–175. https://doi.org/10.31867/2523-4544/0374
13. Гарбар Л. А., Довбаш Н. І., Венгер В. В. Формування продуктивності сої за впливу дії інокуляції, удобрення, стимуляторів росту. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 12–17. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.14.2
14. Кобилинський І. В., Антонець О. А. Вплив способов передпосівної підготовки насіння сої на врожайність. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (4). С. 24–28. https://doi.org/10.31210/spi2023.26.04.05
15. Панфілова А. В., Тарабріна А.-М. О. Фітопатологічний стан ґрунту та розвиток хвороб сої залежно від технології вирощування в умовах Північного Степу України. *Аграрні інновації*. 2025. № 28. С. 85–91. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.28.13
16. Правдива Л. А., Грабовський М. Б., Лозінський М. В., Качан Л. М. Контролювання забур'яненості посівів сої агротехнічними заходами в умовах Правобережного Лісостепу України. *Аграрні інновації*. 2023. № 20. С. 62–68. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.20.10
17. Шепілова Т. П., Петренко Д. І., Васильковська К. В., Андрейченко О. Г. Оптимізація норм висіву та удобрення сої в умовах Північного Степу України. *Scientific Progress & Innovations*. 2026. № 29 (1). С. 30–34. https://doi.org/10.31210/spi2026.29.01.05

18. Шувар А. М., Сеник І. І., Сидорук Г. П., Чубарик М. В. Вплив удобрення на насіннєву продуктивність сої в умовах Лісостепу західного. *Аграрні інновації*. 2025. № 31. С. 158–162. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.31.24
19. Яровий Я. О. Формування показників росту рослин сої залежно від інокуляції та удобрення. *Аграрні інновації*. 2025. № 28. С. 128–133. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.28.20

REFERENCES:

1. Dushko, P., & Shumyhai, I. (2023). Influence of fertilization systems on the productivity of soybean plants (*Glycine max* L.). *Agroecological Journal*, (4), 175–180. https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2023.293796
2. Furman, V. A., Furman, O. V., Hubar, M. I., & Svystunova, I. V. (2022). Influence of inoculation and fertilizing on the symbiotic and seed productivity formation of soybean. *Taurian Scientific Herald*, (123), 137–144. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.123.19
3. Grabovskyi, M. B., & Mostypan, O. V. (2023). Economic assessment of the use of fungicidal and herbicidal protection of soybean varieties of different maturity groups. *Taurian Scientific Herald*, (134), 45–53. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.7
4. Melnychuk, T., Sendetskyi, V., Sendetskyi, I., Kurlyanova, I., & Tuts, L. (2026). The influence of types of organic fertilization on soybean productivity under the conditions of the Pre-Carpathian region. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, 79(2), 91–102. https://doi.org/10.32636/01308521.2026-(79)-2-9
5. Mostypan, O., & Grabovskiy, M. (2023). The influence of fungicidal protection on the formation of photosynthetic parameters of soybean crops. *Agrobiology*, 2(183), 50–59. https://doi.org/10.33245/2310-9270-2023-183-2-50-59
6. Nevmerzhitska, O. M., Plotnitska, N. M., & Gurmanchuk, O. V. (2023). Assessment of the efficiency of fungicides in the soybean protection system. *Taurian Scientific Herald*, (133), 71–77. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.10
7. Nimenko, S. S., & Grabovskyi, M. B. (2023). The influence of elements of technology on the formation of the leaf surface area of soybean plants under organic cultivation. *Taurian Scientific Herald*, (130), 155–163. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.23
8. Polovyi, V. M., Furman, V. M., Moroz, O. S., & Liusak, A. V. (2022). Monitoring of soybean productivity under different fertilizer systems in the Western Forest-Steppe. *Taurian Scientific Herald*, (126), 92–98. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2022.126.13
9. Prytula, O. V. (2025). Soybean crop productivity using different types of fungicides. *Taurian Scientific Herald*, 2(143), 61–66. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.143.2.8
10. Zabolotny, H., Peleh, L., Didur, V., & Soroka, S. (2024). Influence of optimization of the fertilizer system on the formation of photosynthetic productivity of soybean crops. *Agriculture and Forestry*, 3(34), 14–23. https://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-3-2
11. Didur, I. M. (2023). Ekonomichna otsinka modelei tekhnolohii vyroshchuvannia soi za biolohizovanoi systemy zhyvlennia [Economic evaluation of models of soybean cultivation technology under a biologized nutrition system]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, (2), 214–221. https://doi.org/10.37128/2707-5826-2023-2-19 [in Ukrainian]
12. Vorozhko, S. P., & Necheporenko, L. P. (2025). Vydova riznomanitnist shkidnykiv na posivakh soi v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Species diversity of pests on soybean crops in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *The Scientific Journal Grain Crops*, 9(1), 169–175. https://doi.org/10.31867/2523-4544/0374 [in Ukrainian]
13. Harbar, L. A., Dovbash, N. I., & Venher, V. V. (2022). Formuvannia produktyvnosti soi za vplyvu dii inokuliatsii, udobrennia, stymuliatoriv rostu [Formation of soybean productivity under the influence of inoculation, fertilization, and growth stimulants]. *Ahrarni innovatsii*, (14), 12–17. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.14.2 [in Ukrainian]
14. Kobylynskyi, I. V., & Antonets, O. A. (2023). Vplyv sposobiv peredposivnoi pidhotovky nasinnia soi na urozhainist [Influence of pre-sowing seed preparation methods on soybean yield]. *Scientific Progress & Innovations*, 26(4), 24–28. https://doi.org/10.31210/spi2023.26.04.05 [in Ukrainian]
15. Panfilova, A. V., & Tarabrina, A.-M. O. (2025). Fitopatolohichnyi stan gruntu ta rozvytok khvorob soi zalezhno vid tekhnolohii vyroshchuvannia v umovakh Pivnichnoho Stepu Ukrainy [Phytopathological state of the soil and development of soybean diseases depending on cultivation technology in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine]. *Ahrarni innovatsii*, (28), 85–91. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.28.13 [in Ukrainian]
16. Pravdyva, L. A., Hrabovskyi, M. B., Lozinskyi, M. V., & Kachan, L. M. (2023). Kontroliuvannia zaburianenosti posiviv soi ahrotekhnichnymy zakhodamy v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Control of weed infestation of soybean crops by agrotechnical measures in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Ahrarni innovatsii*, (20), 62–68. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.20.10 [in Ukrainian]
17. Shepilova, T. P., Petrenko, D. I., Vasylkovska, K. V., & Andreichenko, O. H. (2026). Optymizatsiia norm vysivu ta udobrennia soi v umovakh Pivnichnoho Stepu Ukrainy [Optimization of seeding rates and soybean fertilization in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine]. *Scientific Progress & Innovations*, 29(1), 30–34. https://doi.org/10.31210/spi2026.29.01.05 [in Ukrainian]
18. Shuvar, A. M., Senyk, I. I., Sydoruk, H. P., & Chubaryk, M. V. (2025). Vplyv udobrennia na nasinnievu produktyvnist soi v umovakh Lisostepu zakhidnoho [The influence of fertilization on the seed productivity of soybean in the conditions of the Western Forest-Steppe]. *Ahrarni innovatsii*, (31), 158–162. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.31.24 [in Ukrainian]
19. Yarovyi, Ya. O. (2025). Formuvannia pokaznykiv rostu roslyn soi zalezhno vid inokuliatsii ta udobrennia [Formation of soybean plant growth indicators depending on inoculation and fertilization]. *Ahrarni innovatsii*, (28), 128–133. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2024.28.20 [in Ukrainian]

Зубко О.М., Бутенко Є.Ю. Сучасні стратегії суміщення позакореневого живлення та засобів захисту рослин у технологіях вирощування сої

Мета. Обґрунтувати шляхи підвищення реалізації генетичного потенціалу продуктивності та якості зерна сої шляхом оптимізації елементів технології вирощування (інокуляції, систем позакореневого підживлення, застосування біостимуляторів та інтегрованого фітосанітарного захисту) в різних ґрунтово-кліматичних зонах України.

Методи. Дослідження базуються на системному узагальненні та аналізі даних польових експериментів, лабораторно-аналітичних вимірювань і статистичних методів обробки результатів наукових розробок щодо вивчення асиміляційного апарату, фізіолого-біохімічних показників, симбіотичної активності та насіннєвої продуктивності сої.

Результати. Встановлено закономірності формування фотосинтетичної та насіннєвої продуктивності сої під впливом позакореневих підживлень, інокуляції та засобів захисту рослин. Доведено, що передпосівна обробка насіння у поєднанні з вегетаційними обробками біопрепаратами та мікродобривами сприяє розростанню листкової поверхні, підвищенню інтенсивності біологічної азотфіксації та формуванню високої зернової продуктивності. Обґрунтовано доцільність застосування комбінованих бакових сумішей фунгіцидів та гербіцидів з антистресантами, що дозволяє мінімізувати пестицидне навантаження, ефективно стримувати розвиток патогенів і бур'янів та досягати високого рівня рентабельності.

Висновки. Систематизація та узагальнення наукових даних підтверджують високу ефективність інтеграції позакореневого живлення, біостимуляторів і засобів захисту рослин у єдині технологічні регламенти вирощування сільськогосподарських культур. Комплексне застосування зазначених компонентів дає змогу одночасно оптимізувати мінеральне живлення, підвищити фізіологічну активність рослин, посилити їхню стійкість до несприятливих умов середовища та забезпечити ефективніший контроль шкідливих організмів.

Оптимізація складу та параметрів бакових сумішей є важливим елементом ресурсозберігальної технології, оскільки забезпечує синергічну або адитивну дію препаратів, скорочує кількість технологічних операцій, зменшує витрати на їх проведення та сприяє раціональнішому використанню матеріально-технічних ресурсів. Водночас ефективність таких сумішей значною мірою залежить від фізико-хімічної сумісності компонентів, їх концентрацій, строків і способів застосування, а також від погодних умов та фізіологічного стану рослин.

Інтегровані технологічні рішення сприяють нівелюванню негативного впливу як абіотичних факторів – посухи, температурного стресу, дефіциту елементів живлення, надмірного зволоження, так і біотичних чинників, зокрема ураження хворобами та пошкодження шкідниками. За рахунок підтримання оптимального рівня живлення та стимулювання фізіолого-біохімічних процесів у рослинах формується вищий рівень їх адаптивного потенціалу, що позитивно позначається на рості, розвитку, продуктивності та якості врожаю.

Ключові слова: Glycine max L., добрива, інокуляція, біостимулятори, фітосанітарний захист, асиміляційний апарат, урожайність, економічна ефективність

Zubko O.M., Butenko Ye.Yu. Modern strategies for combining foliar feeding and plant protection products in soybean cultivation technologies

Purpose. To substantiate ways to improve the realization of the genetic potential for productivity and grain quality of soybeans by optimizing elements of cultivation technology (inoculation, foliar feeding systems, application of biostimulants, and integrated phytosanitary protection) across various soil and climatic zones of Ukraine.

Methods. The study is based on a systematic generalization and analysis of field experiment data, laboratory and analytical measurements, and statistical data processing methods from scientific developments focused on the leaf area index, physiological and biochemical parameters, symbiotic activity, and seed productivity of soybeans.

Results. Regularities in the formation of photosynthetic and seed productivity of soybeans under the influence of foliar feeding, inoculation, and plant protection products were established. Pre-sowing seed treatment combined with vegetative treatments using biological products and microfertilizers was proven to promote leaf surface expansion, increase the intensity of biological nitrogen fixation, and yield high grain productivity. The advisability of using combined tank mixes of fungicides and herbicides with anti-stress agents was substantiated, which allows for minimizing pesticide loads, effectively suppressing pathogen and weed development, and achieving a high level of profitability.

Conclusions. The systematization and synthesis of scientific data confirm the high effectiveness of integrating foliar nutrition, biostimulants, and plant protection products into unified crop cultivation protocols. The combined application of these components makes it possible to simultaneously optimize mineral nutrition, enhance plant physiological activity, increase resilience to adverse environmental conditions, and ensure more effective control of harmful organisms. Optimizing the composition and parameters of tank mixtures is a key element of resource-saving technology, as it ensures a synergistic or additive effect of the products, reduces the number of operational steps and associated costs, and promotes the more efficient use of material and technical resources. At the same time, the effectiveness of such mixtures depends largely on the physicochemical compatibility of the components, their concentrations, the timing and method of application, as well as weather conditions and the physiological state of the plants. Integrated technological solutions help mitigate the negative impact of both abiotic factors – such as drought, temperature stress, nutrient deficiencies, and waterlogging-and biotic factors, particularly disease and pest damage. By maintaining optimal nutrition levels and stimulating physiological and biochemical processes, plants develop greater adaptive potential, which positively influences their growth, development, productivity, and crop quality.

Key words: Glycine max L., fertilizers, inoculation, biostimulants, phytosanitary protection, leaf area index, crop yield, economic efficiency.

Дата першого надходження статті до видання: 02.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 635.655:631.5:631.95(477.7)
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.14

ПРОДУКТИВНІСТЬ ХОЛОДКУ ЛІКАРСЬКОГО (*ASPARAGUS OFFICINALIS* L.) ЗА ВИКОРИСТАННЯ БІОЛОГІЗОВАНИХ ПРИЙОМІВ ВИРОЩУВАННЯ НА ПІВДНІ УКРАЇНИ

КОСЕНКО Н.П. – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-0877-6116
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України
КНИШ В.І. – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-1598-6867
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України
ШАБЛЯ О.С. – кандидат економічних наук, старший дослідник
orcid.org/0000-0002-2669-0711
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України
КОКОЙКО В.В. – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник
orcid.org/0000-0002-2528-7920
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Холодок лікарський або спаржа лікарська відноситься до делікатесних овочевих рослин [1]. У 2000 році у світі під плантації цієї культури було відведено 1,065 млн га, у 2020 році – 1,581 млн га. У 2024 році з площі 1,57 млн га було зібрано 8,9 млн т. Валовий збір товарних пагонів холодку лікарського за 20-ти річний період збільшився на 34,4% [2]. Найбільший вплив на продуктивність, якість товарної продукції мають генетичні особливості сорту або гібриду, кліматичні та технологічні прийоми вирощування рослин [3]. Грунтово-кліматичні умови України є сприятливими для вирощування цієї овочевої рослини і культивується як лікарська, харчова, та декоративна рослина [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Холодок лікарський (*Aspáragus officinalis* L.) – багаторічна трав'яниста рослина, що відноситься до родини Спаржевих *(Asparagaceae*) [5]. Молоді товарні пагони використовують у свіжому вигляді, для заморожування і консервування [6]. До країн-лідерів, що є найбільшими виробниками у 2024 році, відносяться Китай (7,787 млн т), Мексика (333,06 тис. т) та Перу (333,05 тис. т). В Європі країнами-лідерами є Німеччина (108,13 тис. т), Італія (60,1 тис. т), Іспанія (56,49 тис. т), Франція (27,57 тис. т). Крупним експортером у Європі є Польща, де площі збільшилися з 204 га (2016 р.) до 2,4 тис. га (2024 р.) [2]. Молоді пагони є високоцінним делікатесним продуктом. У товарних погонах містяться вітаміни групи В, аскорбінова і фолієва кислоти, рутин, мінеральні речовини: фосфор, кальцій, калій натрій, магній, йод, марганець, залізо, сірка, мідь, фтор [7]. Корисні речовини, що містяться у *Aspáragus officinalis* мають антиоксидантні, антиглікемічні, антибактеріальні, антивірусні властивості, підвищують імунітет людини [8]. Технологія вирощування тісно пов'язана з багаторічним циклом розвитку рослин. Найбільш трудомісткими є висаджування саджанців, збір урожаю, післязбиральна доробка продукції [9]. Рослини формують високу продуктивність впродовж 10–15 років на родючих ґрунтах, за збалансованого мінерального живлення і зрошення [10]. В останні роки в багатьох країнах світу використовують біологізацію та екологізацію землеробства, що поєднує кращі сторони інтенсивного та біологічного землеробства: покращення родючості грунту та отримання екологічно безпечної продукції [11]. Органічне землеробство пропонує значні переваги для навколишнього середовища, оскільки запобігає погіршенню якості водних ресурсів, родючості ґрунтів, збільшує біорізноманіття, вміст органічних речовин і, навіть, поживну цінність продукції [12]. Незважаючи на ці переваги, численні дослідження підтверджують, що органічне землеробство, дає нижчі результати в порівнянні з високоефективними технологіями [13]. Традиційне (пестицидне) землеробство – це метод ведення сільського господарства, який збільшує викиди вуглицю в атмосферу, ерозію ґрунту, забруднення водних ресурсів, зменшення біорізноманіття та має негативний вплив на здоров'я людини. Однак традиційне землеробство може забезпечувати врожайність рослин на 16–50% більше, ніж господарства, що застосовують органічні технології [14]. Оцінка органічної продуктивності на основі коефіцієнтів врожайності пар порівнянних культур, вирощених органічно або за внесення синтетичних добрив. Зазвичай цей показник становить 0,75 [15]. Подолання розриву врожайності між органічним та традиційним землеробством може бути питанням часу, що є необхідним для фундаментальних змін властивостей ґрунту [16]. В Україні функціонує більше двох десятків підприємств, які пропонують вітчизняним агровиробникам

© Косенко Н.П., Книш В.І., Шабля О.С., Кокойко В.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

біопрепарати різного спектру дії. Останніми роками український ринок біопрепаратів зазнає значних змін, частка попиту на інокулянти зменшилась з 65% до 27,2% на користь біофунгіцидів, де зацікавленість збільшилась з 27% до 63,5%. Найбільш затребуваними є препарати для некореневого оброблення – 64%, передпосівного замочування насіння – 23%, внесення у ґрунт – 10%, деструктори рослинних решток та препарати для зберігання врожаю – 3% [17].

Мета досліджень. Розроблення біологізованих прийомів вирощування гібридів холодку лікарського за краплинного зрошення в умовах Півдня України.

Методи та матеріали досліджень. Дослідження проводили на дослідному полі Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН (сел. Наддніпрянське Херсонської обл.) у 2025–2026 рр. Ґрунт дослідного поля темно-каштановий слабосолонцюватий середньосуглинковий. Уміст гумусу в орному шарі (0-30 см) складає 2,15%, загального азоту – 2,3%, рухомого фосфору й обмінного калію – відповідно 48 і 317 мг/кг абсолютно сухого ґрунту. Схема досліду: фактор А – гібрид F_1 холодку лікарського: 1) ‘Grolim’; 2)’Gijnlim’; 3) ‘Baklim’ селекції Limgroup BV (Нідерланди). Фактор В – внесення біопрепарату: 1) без внесення (контроль); 2) внесення препарату Гуміфренд**.** Фактор С – мульчування гряд чорною поліетиленовою плівкою: 1) без мульчування; 2) мульчування гряд. Повторність досліду чотириразова, загальна площа ділянки – 14 м^2, облікова – 10 м^2. Багаторічну плантацію холодку лікарського закладено 20 листопада 2018 року. Схема висаджування саджанців широкорядна, з шириною міжряддя 2,2 м, відстань між рослинами у рядку 0,2 м. Гуміфренд – біопрепарат вітчизняного виробництва, створений на основі гумінових та фульвокислот. Хімічний склад: калійні солі гумінових та фульвових кислот, 120 г/л, комплекс мікроорганізмів з 5-ти штамів роду *Bacillus* (зокрема *Bacillus subtilis*), мікроелементи (сірка, магній, цинк, залізо, марганець, бор, мідь, кремній, молібден, кобальт), біологічно активні речовини (амінокислоти, пептиди, полісахариди, бурштинова кислота). Доза внесення біопрепарату – 1,5 л/га разом з поливом після закінчення збору врожаю. Зволоження ґрунту здійснювали за допомогою системи краплинного зрошення. Проливи призначалися за рівня передполивної вологості грунту 70% НВ (найменшої вологоємкості) у шарі грунту 0–100 см. За роки досліджень проведено від 10 до 16 поливів, норма зрошення за період вегетації рослин становила 1230–2150 м^3/га. Хімічний аналіз товарних пагонів спаржі включав визначення вмісту сухої речовини (ДСТУ 7804:2015), загального цукру (ДСТУ 4954:2008), аскорбінової кислоти (ДСТУ 7803:2015).

Результати досліджень. Встановлено, що навесні 2025 року відновили вегетацію 74–80% рослин від загальної кількості саджанців, що були висаджені при закладанні плантації – 76% (рис. 1).

Збереженість рослин після зими у 2025 році гібриду ‘Grolim’ становила 79%, у ‘Gijnlim’ і ‘Baklim’ – 76%. Навесні 2026 року на ділянках гібриду ‘Grolim’ збереглося 76% рослин, у ‘Gijnlim’ – 74%, у ‘Baklim’ – 72%. Погодні умови і вологість грунту суттєво впливають на початок збирання врожаю [18]. В наших дослідженнях у 2025 році масове відростання молодих пагонів без мульчування відзначено 20–26 квітня, в умовах прохолодної весняної погоди 2026 року – 27–30 квітня. За мульчування гряд чорною поліетиленовою плівкою збір урожаю розпочинали на 5–7 діб раніше, ніж без мульчування. Фазу розвитку масове стеблування рослин без мульчування відзначено 18–22 травня, цвітіння – 25-30 травня. Рослини припинили активну вегетацію восени (повне пожовтіння листків) 12–18 жовтня.

Продуктивність рослин значної мірою залежить від генетичних особливостей гібриду. У дослідженнях Castagnino A.M. та ін. найбільшу загальну врожайність продемонстрували генотипи італійської селекції ‘Vittorio’, ’Franco’, ’Giove’, ’Ercole’ та ’Italo’, ’NJ-1123’ [19]. Наші дослідження показали, що у 2025 році врожайність

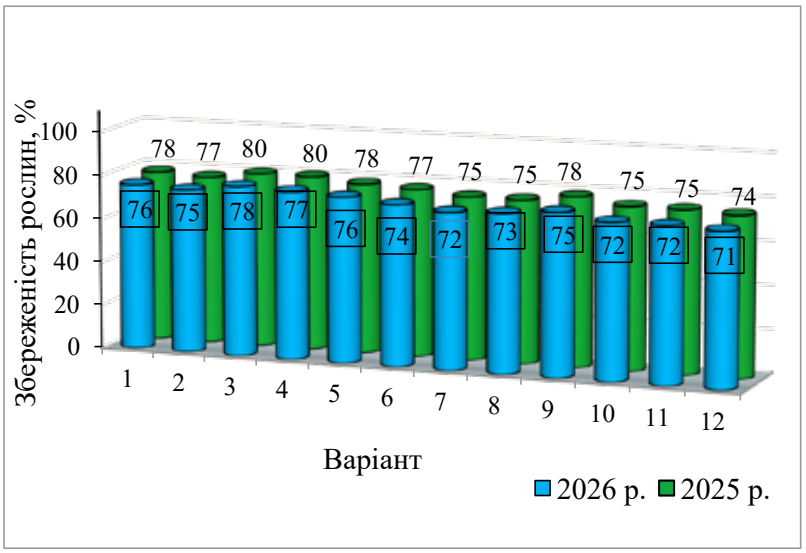


Рис. 1. Збереженість рослин холодку лікарського на початок вегетації, 2025 та 2026 р.

молодих пагонів гібриду ‘Grolim’ становила 4,42–5,44 т/га, ‘Gijnlim’ – 3,96–5,11 т/га, ‘Baklim’ – 4,70–6,12 т/га (табл. 1).

У 2026 році врожайність гібриду ‘Grolim’ становила 5,31–6,53 т/га, ‘Gijnlim’ – 4,80–6,13 т/га, ‘Baklim’ – 5,64–7,34 т/га. Найбільшою продуктивністю (6,46 т/га) характеризувався гібрид ‘Baklim’, що на 19,8%, а у гібриду ‘Grolim’ – на 8,9% більше, ніж у гібриду ‘Gijnlim’. У середньому за роки досліджень урожайність пагонів гібриду ‘Baklim’ була 5,92 т/га, у гібриду ‘Grolim’ – 5,38 т/га, у гібриду ‘Gijnlim’ – 4,93 т/га. Гібрид ‘Baklim’ перевищував на 20,1% найменш продуктивний гібрид ‘Gijnlim’. Урожайність гібриду ‘Grolim’ була на 9,1% більше, ніж у гібриду ‘Gijnlim’. Збалансоване живлення рослин має значний влив на врожайність овочевих видів рослин. Досліди Rolbiecki R. at al. показали, що при вирощуванні гібридів холодку лікарського німецької селекції ‘Ramada’, ‘Rapsody’ та ‘Ravel’ внесення азотних добрив (N_{120}) разом з поливом за підземного краплинного зрошення, на фоні P_{100} і K_{150}, забезпечує збільшення врожайності товарних пагонів на 54% порівняно з неудобреними і незрошуваними ділянками [20]. Застосування біоорганічних препаратів сприяє покращенню ґрунтових процесів, а від так сприяє збільшенню врожайності капусти білоголової на 10–23%, огірка – на 12-20%, помідора – на 14,6-21,2% [21], моркви – на 9,8-15,5% [22], картоплі – на 14-18% [23]. Комплексне застосування біодобрив, біоінсектицидів і біофунгіцидів збільшує врожайність та дозволяє отримати екологічно безпечну овочеву продукцію [24]. За результатами наших досліджень у 2026 році внесення біопрепарату Гуміфренд на ділянках усіх гібридів сприяє збільшенню врожайності на 19,5%. У середньому за роки досліджень внесення біопрепарату Гуміфренд збільшує продуктивність рослин на 19,9%. На ділянках гібриду ‘Baklim’ підвищення становить 23,8%, гібриду ‘Grolim’ – 20,3%, гібриду ‘Gijnlim’ – 14,8%.

Мульчування гряд суттєво впливає на надходження ранньої продукції. В умовах 2025 року у гібриду ‘Grolim’ без внесення добрив за перші три збори було отримано 0,8 т/га, що складає 20%. Надходження ранньої продукції цього гібриду за внесення біопрепарату становить 23%. У гібриду ‘Gijnlim’ ці показники становили відповідно 19,6% і 21,7%. У середньому за роки досліджень мульчування гряд чорною плівкою підвищує вихід ранньої продукції на 19–22%. За результатами досліджень розрахована математична модель, що показує залежність урожайності гібриду ‘Grolim’ від внесення біопрепарату та мульчування гряд чорною поліетиленової плівкою, і виражається рівнянням регресії: $Y=0,03x_1+0,016x_2+0,48$, де Y – урожайність погонів, т/га; x_1 – внесення біопрепарату, x_2 – мульчування грунту. Для гібриду ‘Gijnlim’: $Y=0,029x_1+0,013x_2+0,46$. Для гібриду ‘Baklim’: $Y=0,027x_1+0,011x_2+0,41$. З огляду на те, що холодок лікарський є багаторічною рослиною, для формування високої продуктивності плантації у наступні роки рослини повинні мати достатньо велику вегетативну масу та накопичити пластичні речовини у підземних запасаючих клубнепагонах [25]. В наших дослідженнях кореляційно-регресійний аналіз експериментальних даних показав, що простежується прямопропорційна корелятивна залежність між урожайністю і кількістю товарних пагонів (r=0,9), масою товарних пагонів (r=0,92), товщиною товарних пагонів (r=0,82), кількістю генеративних стебел на кінець вегетації рослин (r=0,72), висотою рослин (r=0,71) (рис. 2).

Аналіз біохімічного складу товарних пагонів показав, що вміст сухої речовини у пагонах гібриду ‘Grolim’ складав 7,32–7,58%, ‘Gijnlim‘– 7,65–7,85%, ‘Baklim’ – 8,18–8,33%. Вміст загального цукру становив відповідно 2,42 –2,66; 2,58–2,73; 2,31–2,45%. У пагонах гібриду ‘Grolim’ аскорбінової кислоти містилося 21,94–23,43 мг/100 г, ‘Gijnlim’ – 16,31–16,88 мг/100 г, ‘Baklim’ – 14,42–15,00 мг/100 г. Найбільшим вмістом сухої речовини відзначився гібрид ‘Baklim’ – 8,23%. За вмістом загального цукру (2,65%) і аскорбінової кислоти (22,74 мг/100 г) кращим був гібрид ‘Grolim’. Для всіх

Таблиця 1

Урожайність пагонів гібридів холодку лікарського залежно від внесення біопрепарату і мульчування гряд, середнє 2025–2026 рр.

№ з/п	Гібрид F_1 (фактор А)	Внесення біопрепарату (фактор В)	Мульчування рослин (фактор С)	Урожайність по роках досліджень, т/га		
				2025	2026	2025-2026
1	‘Grolim’	без добрив	без мульчування	4,42	5,31	4,87
2			мульчування	4,65	5,62	5,14
3		Гуміфренд	без мульчування	5,00	6,00	5,50
4			мульчування	5,44	6,53	5,99
5	‘Gijnlim’	без добрив	без мульчування	3,96	4,80	4,38
6			мульчування	4,14	5,00	4,57
7		Гуміфренд	без мульчування	4,69	5,63	5,16
8			мульчування	5,11	6,13	5,62
9	‘Baklim’	без добрив	без мульчування	4,70	5,64	5,17
10			мульчування	4,92	5,90	5,41
11		Гуміфренд	без мульчування	5,79	6,94	6,37
12			мульчування	6,12	7,34	6,73
$НІР_{05}$ головних ефектів за фактором А				0,10	0,14	
$НІР_{05}$ головних ефектів за фактором В				0,07	0,09	
$НІР_{05}$ головних ефектів за фактором С				0,05	0,07	

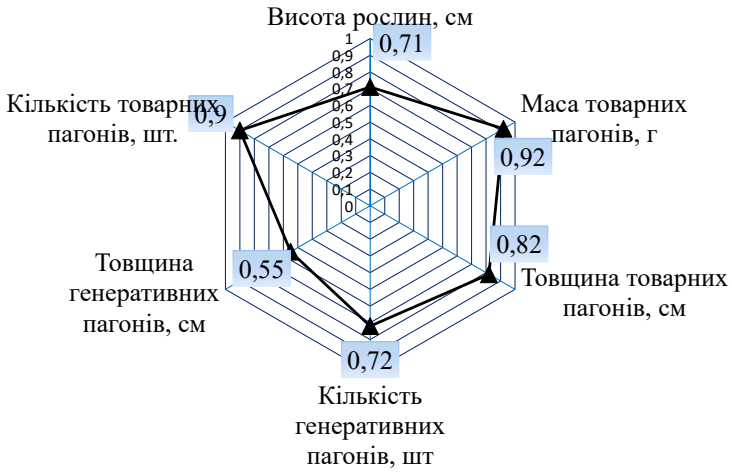


Рис. 2. Залежність між урожайністю і кількістю, масою, товщиною товарних пагонів, біометричними показниками рослин на кінець вегетації, 2025 р.

гібридів, де досліджували внесення біопрепарату відзначено збільшення вмісту сухої речовини на 0,14%. Згідно біометричних вимірів висота рослин у фазу масового цвітіння становила: у 2025 році – 170–177 см, у 2026 році – 181–186 см. Кількість пагонів на кінець вегетації рослин складала відповідно 7–9 шт. і 8–10 шт.

Висновки. За результатами досліджень удосконалено прийоми біологізації вирощування холодку лікарського за краплинного зрошення в умовах півдня України. Встановлено, що на другий рік вирощування збереженість рослин становить 99–100%, на восьмий рік – 71–78% від кількості висаджених саджанців. Урожайність товарних пагонів значною мірою залежить від віку плантації. Серед досліджуваних гібридів найбільшою продуктивністю виділився ‘Baklim’, який на 20,1% перевищує гібрид ‘Gijnlim’. Внесення біопрепарату Гуміфренд збільшує продуктивність усіх гібридів на 19,9%. Мульчування гряд дозволяє розпочати збір урожаю на 6–7 діб раніше, ніж без мульчування. Найбільшим вмістом сухої речовини відзначився гібрид ‘Baklim’, найбільший вміст загального цукру та аскорбінової кислоти був у пагонах гібриду ‘Grolim’.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Thepsilvisut O., Srikan N., Chutimanukul P., and Romkaew J. Comparative analysis of crop methods and harvest season on agronomic yield and spear quality of Asparagus in Thailand. *Resources*. 2026. V. 15(4). 56. https://doi.org/10.3390/resources15040056
2. FAOSTAT. On-Line statistical database of the Food and Agricultural Organization of the United Nations. Agricultural statistics. Asparagus. URL: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize (дата звернення 15.07.2026).
3. Amato L. D., Martin E. A., and López-Anido F. S. Combining ability and heterosis for market yield in green asparagus. *Horticulturae*. 2022. V. 8. 489. https://doi.org/10.3390/horticulturae8060489
4. Косенко Н. П., Бондаренко К. О. Удосконалення елементів біологізації технології вирощування аспарагусу за краплинного зрошення на півдні України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2022. Вип. 3. С. 59–65. https://doi.org/10.31210/visnyk2022.03.07
5. Shahrajabian M. H., Sun W. Asparagus (*Asparagus officinalis* L.) and pennyroyal (*Mentha pulegium* L.), impressive advantages with wondrous health-beneficial phytochemicals. *Notulae Scientia Biologicae*. 2022. V. 14(2). 11212. https://doi.org/10.55779/nsb14211212
6. Chileh-Chelh T., Rincon-Cervera M., Gomez-Mercado F., Lopez-Ruiz R., Gallon-Bedoya M., Ezzaitouni M., Guil-Guerrero J. Wild asparagus shoots constitute a healthy source of bioactive compounds. *Molecules*. 2023. V. 28(15). 5786. https://doi.org/10.3390/molecules28155786
7. Pegiou E., Mumm R., Acharya P., de Vos R. C. H., Hall R. D. Green and white Asparagus (*Asparagus officinalis*): A source of developmental, chemical and urinary intrigue. *Metabolites*. 2020. V. 10(1). 17. https://doi.org/10.3390/metabo10010017
8. Kato-Noguchi H, Kato M. Asparagus decline and replant problem: autotoxicity, autotoxic substances, and their biological functions. *Biology*. 2026. V. 15(7). 537. https://doi.org/10.3390/biology15070537
9. Açıkgöz A. T. Morphological and habitat characteristics of asparagus (*Asparagus officinalis* L.) and socio-economic structure of producers. *Turkish Journal of Agriculture Food Science and Technology*. 2021. V. 9(6). P. 1092–1099. https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i6.1092-1099.4269
10. Cermeño-Sacristán P., Andreu-Cáceres L., Durán-Zuazo V. H., Romero-Solís M. J. Assessment of the water needs for asparagus in Mediterranean area. *Acta Horticulturae. XV International Asparagus Symposium*. 2023. 1376. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2023.1376.21
11. Писаренко В. М., Коваленко Н. П., Поспєлова Г. Д., Піщаленко М. А., Мельничук В. В., Шерстюк О. Л. Екологізація землеробства як перший крок до органічного виробництва рослинницької продукції. *Scientific Progress & Innovations*. 2020. V. 3(20). P. 109–117. https://doi.org/10.31210/visnyk2020.03.12
12. Seufert V., Ramankutty N. Many shades of gray – the context-dependent performance of organic agriculture.

Science Advances. 2017. V. 3(3). 1602638. https://doi.org/10.1126/sciadv.1602638
13. Knapp S., Van der Heijden M. A. global meta-analysis of yield stability in organic and conservation agriculture. *Nature Communications*. 2018. V. 9(1). 3632. https://doi.org/10.1038/s41467-018-05956-1
14. Kumar S. Comparative analysis of organic and chemical (traditional) farming practice in terms of crop productivity and environmental impact in rural area of India. *Journal of Science Innovations and Nature of Earth*. 2021. V. 1(1). P. 71–76. http://doi.org/10.59436/jsiane.v1i1.14
15. Connor D. J. Organic agriculture and food security: a decade of unreason finally implodes. *Field Crops Research*. 2018. V. 225. P. 128–129. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.06.008
16. Schrama M., de Haan J. J., Kroonen M., Verstegen H., and Van der Putten W. H. Crop yield gap and stability in organic and conventional farming systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2018. V. 256. P. 123–130. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.023
17. Бунас А. А., Ткач Є. Д., Дворецький В. В. Біопрепарати в Україні та світі: сучасні тренди та перспективи. *Агроекологічний журнал*. 2024. № 4. С. 132–140. https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2024.317163
18. Taguchi T., and Motoki S. Asparagus stem emergence and growth as influenced by temperature and rainfall in a one-year production system. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2024. V. 99(3). P. 375–384. https://doi.org/10.1080/14620316.2023.2268066
19. Castagnino A. M., Diaz K. E., Rosini M. B., Guisolis A., Dussi M. C., Rogers W. J. Commercial hybrid yield of green asparagus (*Asparagus officinalis* L. *var. altilis*) processed in two spear-lengths, during the stable productivity stage, in the Province of Buenos Aires, Argentina. *Acta Horticulturae*. 2020. V. 1297. 46. https://doi.org/10.17660/ACTAHORTIC.2020.1297.46
20. Rolbiecki R. Sadan H., Rolbiecki S., Jagosz B., Szczepanek M., Figas A., Atilgan A., Pal-Fam, F., Pańka D. Effect of subsurface drip fertigation with nitrogen on the yield of asparagus grown for the green spears on a light soil in Central Poland. *Agronomy*. 2022. V. 12(2). 241. https://doi.org/10.3390/agronomy12020241
21. Kuts O. V., Ivchenko T. V., Onishchenko, O. I., Semenenko I. I., Kolesnik L. I., Chayuk O. O., Lyalyuk O. S., Pilipenko L. V., Marusyak A. O., Valieva M. E. Efficiency of stimulation of growth of vegetable plants in the juvenile period. *Vegetable and Melon Growing*. 2021. V. 69. P. 89–98. https://doi.org/10.32717/0131-0062-2021-69-89-98
22. Косенко Н. П., Шабля О. С., Марченко Т. Ю., Сугак І. М., Петрик О. М. Лайтер Б. В. Вплив біопрепаратів на врожайність сортів моркви (*Daucus carota* L.) в умовах зрошення Півдня України. *Аграрні інновації*. 2024. Вип. 34. С. 87–93. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.34.11
23. Неділська У. І. Екологізація агровиробництва із застосуванням біологічних чинників. *Аграрні інновації*. 2025. Вип. 33. С. 212–215. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.33.35
24. Folina A., Kakabouki I., Baginetas K., and Bilalis D. Integration of bioresources for sustainable development in organic farming: A comprehensive review. *Resources*. 2025. V. 14(7). 102. https://doi.org/10.3390/resources14070102
25. Косенко Н. П., Книш В. І., Бондаренко К. О. Продуктивність гібридів холодку лікарського за краплинного зрошення на Півдні України. *Зрошуване землеробство*. 2024. Вип. 82. С. 36–42. https://doi.org/10.32848/0135-2369.2024.82.6

REFERENCES:

1. Thepsilvisut, O., Srikan, N., Chutimanukul, P., & Romkaew, J. (2026). Comparative analysis of crop methods and harvest season on agronomic yield and spear quality of Asparagus in Thailand. *Resources*, 15(4), 56. https://doi.org/10.3390/resources15040056
2. FAOSTAT. On-line statistical database of the Food and Agricultural Organization of the United Nations. Agricultural statistics. Asparagus. URL: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize
3. Amato, L. D., Martin, E. A., & López-Anido, F. S. (2022). Combining ability and heterosis for market yield in green asparagus. *Horticulturae,* 8, 489. https://doi.org/10.3390/horticulturae8060489
4. Kosenko, N. P., & Bondarenko, K. O. (2022). Udoskonalennia elementiv biolohizatsii tekhnolohii vyroshchuvannia asparahusu za kraplynnoho zroshennia na pivdni Ukrainy. [Advanced elements of biological cultivation techniques for asparagus under drip irrigation in southern Ukraine]. *Journal of the Poltava State Agrarian Academy*, 3, 59–65. https://doi.org/10.31210/visnyk2022.03.07
5. Shahrajabian, M. H., & Sun, W. (2022). Asparagus (*Asparagus officinalis* L.) and pennyroyal (*Mentha pulegium* L.), impressive advantages with wondrous health-beneficial phytochemicals. *Notulae Scientia Biologicae*, 14(2), 11212. https://doi.org/10.55779/nsb14211212
6. Chileh-Chelh, T., Rincon-Cervera, M., Gomez-Mercado, F., Lopez-Ruiz, R., Gallon-Bedoya, M., Ezzaitouni, M. & Guil-Guerrero, J. (2023). Wild asparagus shoots constitute a healthy source of bioactive compounds. *Molecules*, 28(15), 5786. https://doi.org/10.3390/molecules28155786
7. Pegiou, E., Mumm, R., Acharya, P., de Vos, R. C. H., & Hall, R. D. (2020). Green and white Asparagus (*Asparagus officinalis*): A source of developmental, chemical and urinary intrigue. *Metabolites*, 10(1), 17. DOI: https://doi.org/10.3390/metabo10010017
8. Kato-Noguchi, H, & Kato, M. (2026). Asparagus decline and replant problem: autotoxicity, autotoxic substances, and their biological functions. *Biology*, 15(7), 537. https://doi.org/10.3390/biology15070537
9. Açıkgöz, A. T. (2021). Morphological and habitat characteristics of asparagus (*Asparagus officinalis* L.) and socio-economic structure of producers. *Turkish Journal of Agriculture Food Science and Technology*, 9(6), 1092–1099. https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i6.1092-1099.4269
10. Cermeño-Sacristán, P., Andreu-Cáceres, L., Durán-Zuazo, V. H., & Romero-Solís, M. J. (2023). Assessment of the water needs for asparagus in Mediterranean area. *Acta Horticulturae. XV International Asparagus Symposium*, 1376, 21. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2023.1376.21
11. Pysarenko, V. M., Kovalenko, N. P., Pospielova, H. D., Pishchalenko, M. A., Melnychuk, V. V., & Sherstiuk, O. L. (2020). Ekolohizatsiia zemlerobstva yak pershyi krok

do orhanichnoho vyrobnytstva roslynnytskoi produktsii. [Ecologization of agriculture as the first step toward organic crop production]. *Scientific Progress & Innovations*, (3), 109–117. https://doi.org/10.31210/visnyk2020.03.12
12. Seufert, V., & Ramankutty, N. (2017). Many shades of gray – the context-dependent performance of organic agriculture. *Science Advances*, 3(3), 1602638. https://doi.org/10.1126/sciadv.1602638
13. Knapp, S., & Van der Heijden, M. (2018). A global meta-analysis of yield stability in organic and conservation agriculture. *Nature Communications,* 9(1), 3632. https://doi.org/10.1038/s41467-018-05956-1
14. Kumar, S. (2021). Comparative analysis of organic and chemical (traditional) farming practice in terms of crop productivity and environmental impact in rural area of India. *Journal of Science Innovations and Nature of Earth*, 1(1), 71–76. http://doi.org/10.59436/jsiane.v1i1.14
15. Connor, D. J. (2018). Organic agriculture and food security: a decade of unreason finally implodes. *Field Crops Research*, 225, 128–129. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.06.008
16. Schrama, M., de Haan, J. J., Kroonen, M., Verstegen, H., & Van der Putten, W. H. (2018). Crop yield gap and stability in organic and conventional farming systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment,* 256, 123–130. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.023
17. Bunas, A. A., Tkach, Ye. D., & Dvoretskyi, V. V. Biopreparaty v Ukraini ta sviti: suchasni trendy ta perspektyvy [Biopesticides in Ukraine and Around the World: Current Trends and Prospects]. *Agroecological Journal*, 4, 132–140. https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2024.317163 [in Ukrainian].
18. Taguchi, T., & Motoki, S. (2024). Asparagus stem emergence and growth as influenced by temperature and rainfall in a one-year production system. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 99(3), 375–384. https://doi.org/10.1080/14620316.2023.2268066
19. Castagnino, A. M., Diaz, K. E., Rosini, M. B., Guisolis, A., Dussi, M. C., & Rogers, W. J. (2020). Commercial hybrid yield of green asparagus (*Asparagus officinalis L. var. altilis*) processed in two spear-lengths, during the stable productivity stage, in the Province of Buenos Aires, Argentina. *Acta Horticulturae*, 1297, 46. https://doi.org/10.17660/ACTAHORTIC.2020.1297.46
20. Rolbiecki, R. Sadan, H., Rolbiecki, S., Jagosz, B., Szczepanek, M., Figas, A., Atilgan, A., Pal-Fam, F., & Pańka, D. (2022). Effect of subsurface drip fertigation with nitrogen on the yield of asparagus grown for the green spears on a light soil in Central Poland. *Agronomy*, 12(2), 241. https://doi.org/10.3390/agronomy12020241
21. Kuts, O. V., Ivchenko, T. V., Onishchenko, O. I., Semenenko, I. I., Kolesnik, L. I., Chayuk, O. O., Lyalyuk, O. S., Pilipenko, L. V., Marusyak, A. O., & Valieva, M. E. (2021). Efficiency of stimulation of growth of vegetable plants in the juvenile period. *Vegetable and Melon Growing*, 69, 89–98. https://doi.org/10.32717/0131-0062-2021-69-89-98
22. Kosenko, N. P., Shablia, A. S., Marchenko, T. Iu., Suhak, I. M., Petryk, O. M., & Laiter, B. V. (2024). Vplyv biopreparativ na vrozhainist sortiv morkvy (*Daucus carota* L.) v umovakh zroshennia Pivdnia Ukrainy [The Effect of Biological Products on the Yield of Carrot Varieties (*Daucus carota* L.)]. *Agricultural Innovations*, 34, 87–93. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.34.11 [in Ukrainian].
23. Nedilska, U. I. (2025). Ekolohizatsiia ahrovyrobnytstva iz zastosuvanniam biolohichnykh chynnykiv [Ecologization of agricultural production through the employment of biological factors]. *Agricultural Innovations*, 33, 212–215. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.33.35
24. Folina, A., Kakabouki, I., Baginetas, K., & Bilalis, D. (2025). Integration of bioresources for sustainable development in organic farming: a comprehensive review. *Resources*, 14(7), 102. https://doi.org/10.3390/resources14070102
25. Kosenko, N. P., Knysh, V. I., & Bondarenko, K. O. (2024). Produktyvnist hibrydiv kholodku likarskoho za kraplynnoho zroshennia na Pivdni Ukrainy. [Productivity of asparagus hybrids at drip irrigation in Southern Ukraine]. *Irrigated crop farming*, 82, 36–42. https://doi.org/10.32848/0135-2369.2024.82.6

Косенко Н.П., Книш В.І., Шабля О.С., Кокойко В.В. Продуктивність холодку лікарського за використання біологізованих прийомів вирощування на Півдні України

Мета. Розробити основні елементи біологізації технології вирощування нових гібридів холодку лікарського за краплинного зрошення в умовах Півдня України. **Методи.** Використовували загальнонаукові методи: польовий, лабораторний, вимірювально-розрахунковий, порівняльний, математично-статистичний та системний аналіз. **Результати.** Дослідженнями встановлено, що за грядкової технології вирощування приживлення саджанців трьох досліджуваних гібридів становило 99–100%, на восьмий рік вирощування зберіглося 71–78% рослин. На формування продуктивності рослин впливають вік плантації, морфологічні особливості, адаптивний потенціал досліджуваних гібридів, біологізовані прийоми вирощування. Найбільшою продуктивністю (5,92 т/га) характеризувався гібрид ‘Baklim’. Урожайність товарних пагонів гібриду ‘Grolim’ складала 5,38 т/га, ‘Gijnlim’ – 4,93 т/га. За результатами проведеного кореляційно-регресійного аналізу визначено прямопропорційну кореляційну залежність між урожайністю з одиниці площі та кількістю товарних пагонів (r=0,9), масою товарних пагонів (r=0,92), товщиною товарних пагонів (r=0,82), висотою рослин (r=0,71), кількістю генеративних стебел, що сформували рослини на кінець осінньої вегетації у попередній рік вирощування (r=0,72). Внесення рідкої форми біоорганічного препарату Гуміфренд (1,5 л/га) разом з поливом через систему краплинного зрошення підвищує врожайність на 19,9% та покращує якість товарних пагонів. Мульчування гряд чорною поліетиленовою плівкою у першій декаді березня дозволяє розпочати збір урожаю на 7–8 діб раніше, ніж без мульчування та збільшує надходження ранньої продукції на 19–22%. Найбільший вміст сухої речовини був у пагонах гібриду ‘Baklim’, за вмістом загального цукру та аскорбінової кислоти відзначився гібрид ‘Grolim’. **Висновки.** Найбільшою продуктивністю характеризувався гібрид ‘Baklim’, який на 20,1% перевищує найменш продуктивний гібрид ‘Gijnlim’. За внесення рідкої форми мікробного препарату Гуміфренд і мульчування гряд чорною поліетиленовою плівкою відзначено найбільшу врожайність товарних пагонів та покращення якості ранньої продукції холодку лікарського.

Ключові слова: холодок лікарський, гібрид, біопрепарат, мульчування, урожайність, якість пагонів.

Kosenko N.P., Knych V.I., Shablia O.S., Kokoiko V.V.
Productivity of asparagus (*Asparagus officinalis* L.) under biologized growing technology in the South of Ukraine

Purpose. The development of the basic elements of the technology of the cultivation of new asparagus hybrids under drip irrigation in the south of Ukraine is the purpose of research. **Methods.** We used general scientific methods: field, laboratory, measurement and calculation, comparative, mathematical-statistical and system analysis. **Results.** The research showed that success in growing seedlings of the three hybrids studied was 99–100%. 71–78% of plants are preserved in the eighth year of cultivation under the raised-bed cultivation method. The use of black polystyrene mulch for mulching rows in the spring allows the harvest to begin 7–8 days earlier than without mulching. With mulching, the yield of early crops increases by 19-22%. The 'Baklim' hybrid had the highest yield (5.92 t/ha). The yield of marketable shoots of 'Grolim' hybrid was 5.38 t/ha and for the 'Gijnlim' hybrid was 4.93 t/ha. The age of the plantation, morphological features, adaptive potential of the tested hybrids, and elements of growing technology have the greatest influence on the formation of plant productivity. Based on the results of the correlation and regression analysis, a directly proportional correlation was found between yield per unit area and the number of marketable shoots (r = 0.9), the weight of marketable shoots (r = 0.92), the thickness of marketable shoots (r = 0.82), plant height (r = 0.71), and the number of generative stems of asparagus at the end of the growing season of the previous year (r = 0.72). The application of the liquid form of the bio-organic preparation Gumifriend (1.5 l/ha) together with watering from a drip irrigation system increases plant productivity by 19,9% and improves the quality of commercial asparagus spears. The mulching of garden beds during the first 10 days of March start harvesting by 7–8 days earlier than without mulching and increases the yield of early produce by 19–22%. The highest amount of dry matter was found in shoots of the 'Bucklim' hybrid. The 'Grolim' hybrid showed the highest levels of total sugar and ascorbic acid. **Conclusions.** The hybrid "Baklim" showed the highest yield, exceeding that of the "Gijnlim" hybrid by 20.1%. The application of the microbial preparation Gumifriend and mulching of the beds resulted in the highest yield of shoots and improved quality of early asparagus crops.

Key words: *Asparagus officinalis* L., hybrid, biological product, mulching, yield, quality of spears.

Дата першого надходження статті до видання: 24.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 633.11:528.8(477.7)
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.15

RECONSTRUCTING WINTER WHEAT NDVI TIME SERIES USING SENTINEL-1 RADAR DATA

KOSHKIN D.L. – PhD, Associate Professor
orcid.org/0000-0002-6927-8487
Mykolaiv National Agrarian University
PANFILOVA A.V. – Doctor of Sciences, Professor
orcid.org/0000-0003-0006-4090
Mykolaiv National Agrarian University

Problem Statement. Satellite crop monitoring enables the assessment of vegetation condition and the tracking of seasonal changes. One of the most widely used indicators is the normalized difference vegetation index (NDVI), calculated from red and near-infrared reflectance. NDVI time series are widely used to characterize crop development and identify deviations from expected vegetation dynamics [1]. Sentinel-2 multispectral data provide the spatial and spectral information required for such analyses [2].

However, cloud cover and atmospheric effects frequently limit the availability of optical observations, while the removal of low-quality observations can disrupt the continuity of NDVI time series [2]. For winter wheat, maintaining information on the sequence of autumn development, winter dormancy, spring regrowth, and ripening is particularly important. Therefore, gap filling should not only replace missing observations at individual dates but also preserve the phenological structure of the seasonal NDVI trajectory.

Sentinel-1 SAR observations provide complementary information that is largely unaffected by cloud cover and solar illumination [3]. However, SAR predictors are not direct equivalents of NDVI, as their dynamics depend on canopy structure, soil conditions, and crop phenological stage [4-6]. Consequently, the integration of radar and optical observations requires a temporal alignment that accounts for differences in the timing of phenological development between growing seasons.

This study addresses this problem using observations from three experimental winter wheat plots at Mykolaiv National Agrarian University in the Southern Steppe of Ukraine. The working hypothesis is that phenologically normalized time provides a common temporal framework for comparing growing seasons, while SAR predictors can improve the reconstruction of the seasonal NDVI trajectory. The ability of the proposed approach to reconstruct NDVI under different gap configurations, including a continuous block gap, and its robustness across growing seasons require quantitative evaluation.

Review of Recent Research. Vidican et al. [1] reviewed the use of vegetation indices for crop identification and monitoring. The authors emphasise the importance of temporal analysis and validation against ground-based observations when interpreting satellite-derived vegetation indices. Hird and McDermid [9] compared approaches for reducing noise in NDVI time series and showed that smoothing performance depends on noise characteristics and the objectives of phenological analysis. Nevertheless, noise reduction in an optical time series and the reconstruction of long gaps using information from another sensor represent distinct tasks.

Veloso et al. [4] investigated the joint use of optical and radar observations by comparing seasonal backscatter and NDVI dynamics across different crops. Nasrallah et al. [5] demonstrated the applicability of Sentinel-1 observations for identifying winter wheat phenological stages. Mercier et al. [6] demonstrated the benefits of combining Sentinel-1 and Sentinel-2 observations for identifying phenological stages of wheat and rapeseed. These studies support the use of phenological information in multi-sensor crop monitoring, but they do not directly address the accuracy of NDVI reconstruction across missing observation periods.

Pipia et al. [10] specifically investigated multi-sensor data fusion for gap filling. The authors combined a Sentinel-1 radar vegetation index with a Sentinel-2 leaf area index in a multioutput Gaussian process model. These results demonstrate the potential of SAR as an auxiliary information source for reconstructing vegetation-related time series, particularly across long gaps. However, the approach was developed for LAI rather than NDVI, and its performance cannot therefore be assumed to transfer directly to NDVI reconstruction.

Thus, for the MNAU experimental plots, the accuracy of NDVI reconstruction using phenologically normalized time and SAR predictors, as well as the robustness of the approach across growing seasons, requires evaluation.

Aim. The aim of this study is to assess the accuracy of winter wheat NDVI time series reconstruction using phenologically normalized time and Sentinel-1 SAR predictors under incomplete Sentinel-2 optical coverage, and to evaluate the robustness of the proposed approach across growing seasons within the MNAU experimental plots.

Materials and methods. The study was conducted on three experimental winter wheat plots at the Educational, Scientific and Practical Center of Mykolaiv National Agrarian University in the Southern Steppe of Ukraine during four growing seasons (2021–2025). The dataset combined

© Koshkin D.L., Panfilova A.V., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Sentinel-2 optical observations with Sentinel-1 SAR observations acquired from both ascending and descending orbits. Before spatial aggregation, each satellite acquisition was treated as a separate observation. Therefore, the initial counts represented the number of available satellite scenes across the three experimental plots. The observations were then spatially averaged, and the resulting mean values were treated as unique acquisition dates separately for Sentinel-2 and Sentinel-1. The sequential stages of data aggregation and multisensor dataset construction are summarized in Table 1, while the phenological matching procedure is described below.

The optical dataset consisted of the NDVI values derived from Sentinel-2 data after cloud masking. The radar dataset comprised Sentinel-1 backscatter coefficients in VV and VH polarizations, the polarization ratio Q, and the Radar Vegetation Index (RVI). Sentinel-1 data were processed in Google Earth Engine. The backscatter coefficients in VV and VH polarizations, originally expressed in decibels (dB), were converted to a linear units, according to

$$\sigma^0_{VV} = 10^{VV_{dB}/10},\ \sigma^0_{VH} = 10^{VH_{dB}/10}, \quad (1)$$

where σ^0_{VV} and σ^0_{VH} are the Sentinel-1 backscatter coefficients in VV and VH polarizations, expressed on a linear scale; VV_{dB} and VH_{dB} are the corresponding backscatter coefficients in decibels.

The polarization ratio Q and RVI were calculated according to

$$Q = \frac{\sigma^0_{VH}}{\sigma^0_{VV}},\ RVI = \frac{4\sigma^0_{VH}}{\sigma^0_{VV} + \sigma^0_{VH}}. \quad (2)$$

No additional normalization or clipping to the 0–1 range was applied. RVI was used as an indicator of crop condition because it is sensitive to changes in vegetation density and canopy structure [7]. For each Sentinel-1 acquisition date, SAR predictor values from the three experimental plots were spatially averaged. The resulting mean values were subsequently used for time-series construction and phenological matching.

To compare growing seasons, phenologically normalized time (t_{norm}) was used instead of the calendar day of year. The normalized t_{norm} scale ranged from 0 to 6, where integer values corresponded to the boundaries of the major phenological stages of winter wheat listed in Table 2.

This scale preserves the natural sequence of phenological development and enables data from seasons with different dates of phase onset to be analyzed within a common temporal framework. In general, normalization within the interval between two consecutive phenological phases was defined as

$$t_{norm} = k + \frac{t - t_k}{t_{k+1} - t_k}, \quad (3)$$

where t is the calendar date of observation; t_k , t_{k+1} are the start dates of two consecutive phenological phases, and k is the integer value of the normalized phenological scale corresponding to the beginning of the respective phenological interval.

Phenological boundaries for each growing season (Table 2) were established from field observations conducted at the Educational, Scientific and Practical Center of Mykolaiv National Agrarian University and used as agronomic reference dates. A formal sensitivity analysis of shifts in phenological boundaries was not performed and remains a topic for future research.

After phenological normalization, the optical and radar time series were converted into matched observation pairs for subsequent modelling. Matching was performed

Table 1

Formation of a multisensory dataset by growing season

Growing season	Number of observations before aggregation		Number of observations after aggregation		Number of matched SAR–NDVI pairs
	Sentinel-1	Sentinel-2	Sentinel-1	Sentinel-2	
2021-2022	234	282	78	60	52
2022-2023	183	219	61	49	40
2023-2024	180	318	60	67	39
2024-2025	255	399	85	71	52
Total	852	1218	284	247	183

Table 2

Sowing date and major phenological stages of winter wheat used for time normalization

Stage	t_{norm}	2021-2022	2022-2023	2023-2024	2024-2025
Sowing	0	30.09.2021	30.09.2022	30.09.2023	30.09.2024
Emergence (beginning of autumn growth)	1	13.10.2021	12.10.2022	05.10.2023	11.10.2024
End of autumn growth	2	20.12.2021	21.12.2022	09.12.2023	29.11.2024
Spring regrowth	3	24.03.2022	04.03.2023	08.02.2024	03.03.2025
Heading	4	17.05.2022	13.05.2023	16.05.2024	07.05.2025
Beginning of grain ripening	5	28.06.2022	25.06.2023	14.06.2024	18.06.2025
Physiological maturity	6	14.07.2022	03.07.2023	02.07.2024	09.07.2025

in normalized phenological time rather than by calendar acquisition dates. For each Sentinel-1 observation, the nearest Sentinel-2 NDVI observation was identified based on the phenological distance

$$\Delta t_i = \left| t_{norm,i}^{\mathrm{SAR}} - t_{norm,j}^{\mathrm{NDVI}} \right|. \quad (4)$$

where $t_{norm,i}^{\mathrm{SAR}}$ is the normalized phenological time of the i-th Sentinel-1 observation, $t_{norm,j}^{\mathrm{NDVI}}$ is the normalized phenological time of the j-th Sentinel-2 observation, and Δt_i is the phenological distance between them.

Observation pairs were generated using the nearest-neighbor approach and retained only when $\Delta t_i \le 0.20$. Sentinel-1 observations served as the reference, while the nearest Sentinel-2 observations provided the target NDVI values. When multiple Sentinel-1 observations matched the same Sentinel-2 observation, all corresponding pairs were retained, resulting in a many-to-one matching scheme. In cases where two optical observations had the same phenological distance, the first nearest neighbor was selected. No additional constraints on calendar acquisition dates were applied.

Before matching, Sentinel-1 and Sentinel-2 observations were spatially averaged across the three experimental plots. Consequently, Table 1 reports the numbers of observations before spatial averaging (at the acquisition date–plot level) and after averaging, when each acquisition date was represented by a single mean value.

This procedure produced 183 matched SAR–NDVI pairs, with 39 to 52 pairs obtained in each growing season (Table 1). The predictors originated from 183 unique Sentinel-1 observations, whereas the target values were derived from 112 unique Sentinel-2 observations. Consequently, each Sentinel-2 observation was matched to an average of 1.63 Sentinel-1 observations, with a maximum of six Sentinel-1 observations associated with a single Sentinel-2 observation. All retained pairs satisfied the matching criterion, with a phenological distance not exceeding 0.20 units of t_{norm}.

To model the seasonal dynamics of NDVI, a Generalized Additive Model (GAM) was fitted using the *mgcv* package in R [8]. The model describes the nonlinear seasonal trajectory of NDVI as a function of phenologically normalized time and its interaction with the SAR predictors RVI and Q, defined in Eq. (2). Smoothing parameters were estimated automatically using the Restricted Maximum Likelihood (REML) criterion, providing an appropriate balance between model flexibility and overfitting.

The final model was defined as

$$\mathrm{NDVI} = \beta_0 + s\left(t_{norm}\right) + te\left(t_{norm}, \mathrm{RVI}\right) + te\left(t_{norm}, \mathrm{Q}\right) + \varepsilon_i, \quad (5)$$

where $s\left(t_{norm}\right)$ is the smooth function of phenologically normalized time, $te\left(\cdot\right)$ denotes tensor-product smooths describing the interaction of phenologically normalized time and the SAR predictors, and ε_i is the residual error. Because RVI and Q are correlated SAR predictors, the model was intended primarily for NDVI prediction and reconstruction rather than for interpreting the individual effects of these variables. Model performance was evaluated under two validation scenarios using the coefficient of determination (R2), root mean square error (RMSE), and mean absolute error (MAE).

The first validation scenario used a random split of the data into training (75%) and test (25%) sets. The dataset contained 183 matched SAR–NDVI observation pairs (Table 1), of which 137 were used for model training and 46 were reserved for testing. This scenario evaluates the model's ability to reconstruct NDVI for held-out observations that were not used during model fitting.

The second validation scenario simulated a continuous block gap in the optical time series. All SAR–NDVI pairs within the spring regrowth interval ($3.0 \le t_{norm} \le 4.0$) were removed from the training data. The test set contained 48 observations, while the remaining 135 observations were used for model training. This scenario evaluates the model's ability to reconstruct NDVI when an entire period of optical observations is unavailable, for example because of persistent cloud cover.

The same model specification was used in both validation scenarios. For each validation run, the test set was excluded before model fitting, and the model was refitted using only the corresponding training set. The fitted model was then used to predict NDVI for the held-out observations. Consequently, no information from the test set was used during model fitting or smoothing parameter estimation.

Results. The overall correlations between NDVI and the individual SAR predictors were weak to moderate. Their phase-dependent variation throughout the winter wheat growing season is presented in Fig. 1. The VV backscatter coefficient showed the weakest relationship with NDVI (r = –0.04), whereas both the polarization ratio Q and RVI exhibited the highest overall positive correlations (r = 0.35). These results indicate that Q and RVI better capture seasonal changes in crop condition than the VV backscatter coefficient alone.

Phase-specific analysis of Pearson correlation coefficients (Fig. 1) revealed that the relationship between NDVI and the SAR predictors varied substantially during the growing season. The strongest associations were observed during the spring regrowth period ($3.0 \le t_{norm} \le 4.0$), when the correlation reached 0.567 for RVI and 0.537 for Q. During winter dormancy, correlations were considerably weaker. At the beginning of the growing season, only 15 matched observations were available; therefore, the correlation obtained for the VV backscatter coefficient (r=–0.439) should be interpreted with caution.

The results of NDVI reconstruction under the two validation scenarios are presented in Fig. 2. Panel (a) shows reconstruction from randomly withheld observations distributed throughout the growing season. Panel (b) shows reconstruction after withholding the gray-shaded interval corresponding to the spring regrowth period, simulating an extended gap in optical observations caused, for example, by persistent cloud cover.

In both validation scenarios, the model successfully reproduced the overall seasonal trajectory of NDVI (Fig. 2). The solid black curve represents the characteristic development pattern of winter wheat, including the autumn increase in NDVI, its decline during winter dormancy, and the rapid increase during spring regrowth, reaching a maximum near the heading stage.

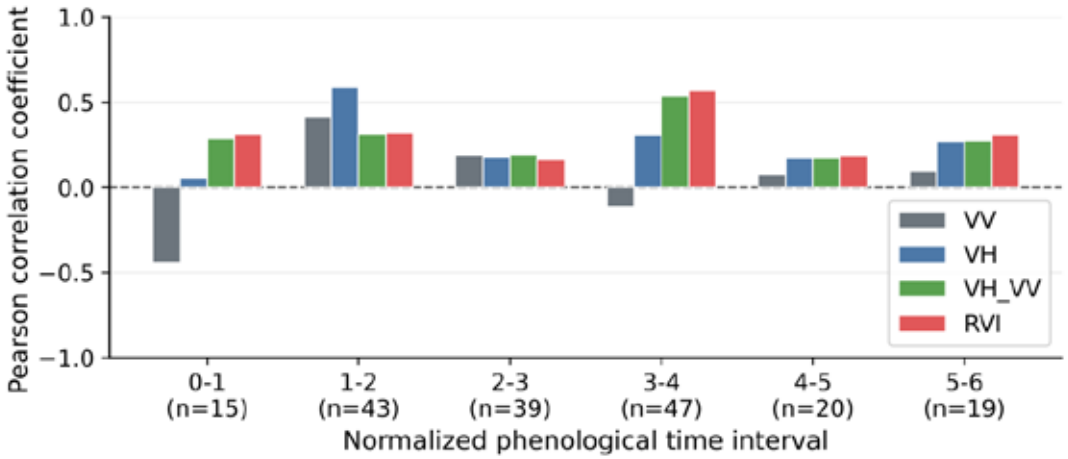


Fig. 1. Phase-dependent Pearson correlation coefficients between NDVI and Sentinel-1 SAR predictors. Numbers in parentheses denote the number of matched observation pairs within each t_{norm} interval

This demonstrates that phenologically normalized time (t_{norm}) provides an appropriate temporal framework for describing crop development across the growing season. The largest discrepancies between reconstructed and observed NDVI values occurred only for a few individual observations that deviated markedly from the overall seasonal pattern. Overall, the model accurately reconstructed the seasonal trajectory of NDVI, although short-term local fluctuations were reproduced less precise.

In the random withholding scenario, the model reconstructed NDVI with high accuracy (Fig. 2a). This performance is expected because the withheld observations originated from the same growing seasons and phenological stages represented in the training set. Consequently, the model reconstructed isolated missing observations within the range of conditions represented during model fitting.

The block-gap scenario was substantially more challenging because the model had to reconstruct NDVI across an entire missing interval of optical observations. Nevertheless, the model preserved the overall seasonal trajectory of NDVI and reproduced crop development throughout the missing interval (Fig. 2b), although with larger reconstruction errors than in the random withholding scenario.

The results highlight the importance of phenological normalization and the phase-dependent informativeness of SAR predictors. Replacing calendar time (day of year, DOY) with phenologically normalized time (t_{norm}) aligned growing seasons with different dates of phenological stage transitions, allowing the common seasonal trajectory of NDVI to be separated from local variations explained by the SAR predictors.

At the same time, the overall relationships between NDVI and the SAR predictors remained weak because radar backscatter is influenced by different physical mechanisms throughout the growing season. During winter dormancy, the radar signal is largely controlled by soil moisture, surface roughness, and freezing conditions, whereas during spring regrowth the depolarization-related predictors Q and RVI better reflect changes in canopy structure. Consequently, these predictors provided the greatest predictive value during the spring regrowth period, whereas their performance was lower during the remaining phenological stages. The observed relationships are consistent with previous studies reporting the complementary use of Sentinel-1 and Sentinel-2 observations for crop monitoring [4–6].

The practical value of the proposed approach lies in reconstructing continuous NDVI time series during periods when Sentinel-2 optical observations are unavailable because of cloud cover or other acquisition constraints. Unlike approaches based solely on temporal interpolation or smoothing of NDVI time series [9], the proposed model incorporates complementary information from Sentinel-1 SAR observations. This is consistent with recent studies demonstrating the benefits of combining SAR and optical data for gap filling in vegetation and biophysical time series [10].

Although the proposed approach showed promising results, further validation using larger datasets is needed. Future studies should include additional growing seasons and agroclimatic regions, as well as evaluate hierarchical GAMM formulations with season-specific smooth components [11]. Further improvements may also be achieved by incorporating meteorological predictors, applying grouped validation based on unique Sentinel-2 acquisition dates, and performing spatially independent validation.

Conclusions. This study proposed a phenology-based approach for reconstructing winter wheat NDVI by combining phenologically normalized time (t_{norm}) with Sentinel-1 SAR predictors. The normalized phenological scale aligned data from different growing seasons and provided a consistent representation of seasonal crop dynamics.

The predictive value of the SAR predictors was strongly phase dependent. The highest correlations between NDVI and the polarization-based predictors RVI and Q were observed during the spring regrowth period, whereas the VV backscatter coefficient showed the weakest relationship with NDVI. These results support the use of polarization-based SAR predictors for NDVI reconstruction.

The generalized additive model (GAM) successfully reconstructed seasonal NDVI dynamics under both validation

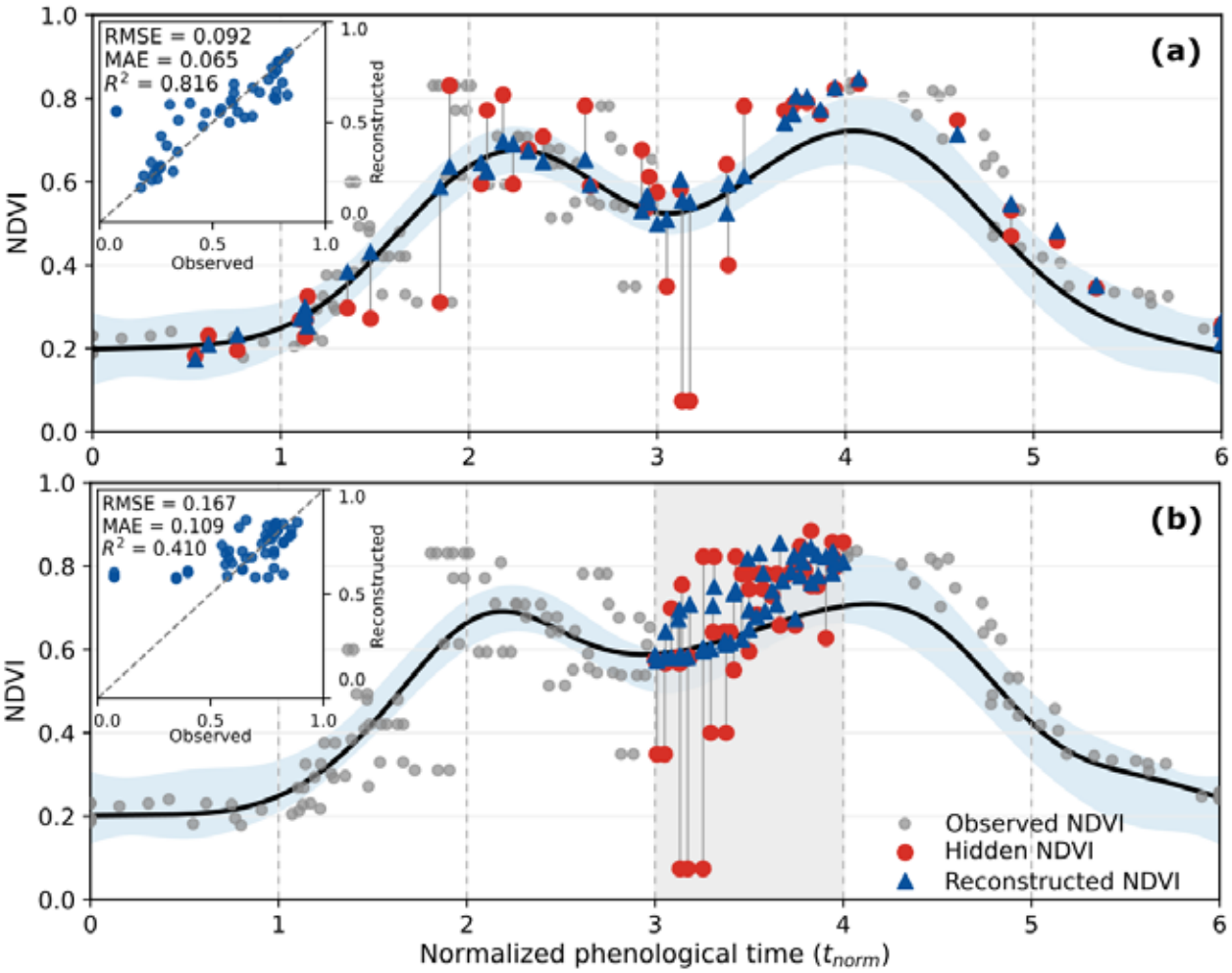


Fig. 2. Reconstruction of seasonal NDVI dynamics under two validation scenarios: (a) random withholding of individual observations throughout the growing season; (b) withholding of the gray-shaded spring regrowth interval

scenarios. The highest accuracy was achieved for randomly withheld observations, while the block-gap experiment demonstrated that the model preserved the overall seasonal trajectory and satisfactorily reconstructed NDVI across an extended interval without optical observations.

The proposed approach demonstrates the potential of combining Sentinel-1 and Sentinel-2 observations to reduce gaps in optical NDVI time series caused by persistent cloud cover. Future work should evaluate the method using additional growing seasons and agroclimatic regions, incorporate meteorological predictors, and assess its performance using grouped and spatially independent validation.

BIBLIOGRAPHY:

1. Vidican R., Mălinaș A., Ranta O., Moldovan C., Marian O., Ghețe A., Ghișe C. R., Popovici F., Cătunescu G. M. Using Remote Sensing Vegetation Indices for the Discrimination and Monitoring of Agricultural Crops: A Critical Review. *Agronomy*. 2023. Vol. 13, No. 12. P. 3040. DOI: 10.3390/agronomy13123040.
2. Drusch M., Del Bello U., Carlier S., Colin O., Fernandez V., Gascon F., Hoersch B., Isola C., Laberinti P., Martimort P., Meygret A., Spoto F., Sy O., Marchese F., Bargellini P. Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services. *Remote Sensing of Environment*. 2012. Vol. 120. P. 25–36. DOI: 10.1016/j.rse.2011.11.026.
3. Torres R., Snoeij P., Geudtner D., Bibby D., Davidson M., Attema E., Potin P., Rommen B., Floury N., Brown M., Navas Traver I., Deghaye P., Duesmann B., Rosich B., Miranda N., Bruno C., L'Abbate M., Croci R., Pietropaolo A., Huchler M., Rostan F. GMES Sentinel-1 Mission. *Remote Sensing of Environment*. 2012. Vol. 120. P. 9–24. DOI: 10.1016/j.rse.2011.05.028.
4. Veloso A., Mermoz S., Bouvet A., Le Toan T., Planells M., Dejoux J.-F., Ceschia E. Understanding the Temporal Behavior of Crops Using Sentinel-1 and Sentinel-2-Like Data for Agricultural Applications. *Remote Sensing of Environment*. 2017. Vol. 199. P. 415–426. DOI: 10.1016/j.rse.2017.07.015.
5. Nasrallah A., Baghdadi N., El Hajj M., Darwish T., Belhouchette H., Faour G., Darwich S., Mhawej M. Sentinel-1 Data for Winter Wheat Phenology Monitoring and Mapping. *Remote Sensing*. 2019. Vol. 11, No. 19. P. 2228. DOI: 10.3390/rs11192228.
6. Mercier A., Betbeder J., Baudry J., Le Roux V., Spicher F., Lacoux J., Roger D., Hubert-Moy L. Evaluation

of Sentinel-1 & 2 Time Series for Predicting Wheat and Rapeseed Phenological Stages. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2020. Vol. 163. P. 231–256. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2020.03.009.
7. Szigarski C., Jagdhuber T., Baur M., Thiel C., Parrens M., Wigneron J.-P., Piles M., Entekhabi D. Analysis of the Radar Vegetation Index and Potential Improvements. *Remote Sensing*. 2018. Vol. 10, No. 11. P. 1776. DOI: 10.3390/rs10111776.
8. Wood S. N. *Generalized Additive Models: An Introduction with R*. 2nd ed. Boca Raton: Chapman and Hall/CRC, 2017. 496 p. DOI: 10.1201/9781315370279.
9. Hird J. N., McDermid G. J. Noise Reduction of NDVI Time Series: An Empirical Comparison of Selected Techniques. *Remote Sensing of Environment*. 2009. Vol. 113, No. 1. P. 248–258. DOI: 10.1016/j.rse.2008.09.003.
10. Pipia L., Muñoz-Marí J., Amin E., Belda S., Camps-Valls G., Verrelst J. Fusing Optical and SAR Time Series for LAI Gap Filling with Multioutput Gaussian Processes. *Remote Sensing of Environment*. 2019. Vol. 235. Article 111452. DOI: 10.1016/j.rse.2019.111452.
11. Pedersen E. J., Miller D. L., Simpson G. L., Ross N. Hierarchical Generalized Additive Models in Ecology: An Introduction with *mgcv*. *PeerJ*. 2019. Vol. 7. Article e6876. DOI: 10.7717/peerj.6876.

REFERENCES:

1. Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., Hoersch, B., Isola, C., Laberinti, P., Martimort, P., Meygret, A., Spoto, F., Sy, O., Marchese, F., & Bargellini, P. (2012). Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote Sensing of Environment, 120*, 25–36. https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.11.026
2. Nasrallah, A., Baghdadi, N., El Hajj, M., Darwish, T., Belhouchette, H., Faour, G., Darwich, S., & Mhawej, M. (2019). Sentinel-1 data for winter wheat phenology monitoring and mapping. *Remote Sensing, 11*(19), 2228. https://doi.org/10.3390/rs11192228
3. Torres, R., Snoeij, P., Geudtner, D., Bibby, D., Davidson, M., Attema, E., Potin, P., Rommen, B., Floury, N., Brown, M., Navas Traver, I., Deghaye, P., Duesmann, B., Rosich, B., Miranda, N., Bruno, C., L'Abbate, M., Croci, R., Pietropaolo, A., Huchler, M., & Rostan, F. (2012). GMES Sentinel-1 mission. *Remote Sensing of Environment, 120*, 9–24. https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.05.028
4. Veloso, A., Mermoz, S., Bouvet, A., Le Toan, T., Planells, M., Dejoux, J.-F., & Ceschia, E. (2017). Understanding the temporal behavior of crops using Sentinel-1 and Sentinel-2-like data for agricultural applications. *Remote Sensing of Environment, 199*, 415–426. https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.07.015
5. Vidican, R., Mălinaș, A., Ranta, O., Moldovan, C., Marian, O., Ghețe, A., Ghișe, C. R., Popovici, F., & Cătunescu, G. M. (2023). Using remote sensing vegetation indices for the discrimination and monitoring of agricultural crops: A critical review. *Agronomy, 13*(12), 3040. https://doi.org/10.3390/agronomy13123040
6. Mercier, A., Betbeder, J., Baudry, J., Le Roux, V., Spicher, F., Lacoux, J., Roger, D., & Hubert-Moy, L. (2020). Evaluation of Sentinel-1 & 2 time series for predicting wheat and rapeseed phenological stages. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 163*, 231–256. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.03.009
7. Szigarski, C., Jagdhuber, T., Baur, M., Thiel, C., Parrens, M., Wigneron, J.-P., Piles, M., & Entekhabi, D. (2018). Analysis of the Radar Vegetation Index and potential improvements. *Remote Sensing, 10*(11), 1776. https://doi.org/10.3390/rs10111776
8. Wood, S. N. (2017). *Generalized additive models: An introduction with R* (2nd ed.). Chapman and Hall/CRC. https://doi.org/10.1201/9781315370279
9. Hird, J. N., & McDermid, G. J. (2009). Noise reduction of NDVI time series: An empirical comparison of selected techniques. *Remote Sensing of Environment, 113*(1), 248–258. https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.09.003
10. Pipia, L., Muñoz-Marí, J., Amin, E., Belda, S., Camps-Valls, G., & Verrelst, J. (2019). Fusing optical and SAR time series for LAI gap filling with multioutput Gaussian processes. *Remote Sensing of Environment, 235*, 111452. https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111452
11. Pedersen, E. J., Miller, D. L., Simpson, G. L., & Ross, N. (2019). Hierarchical generalized additive models in ecology: An introduction with *mgcv*. *PeerJ, 7*, e6876. https://doi.org/10.7717/peerj.6876

Кошкін Д.Л., Панфілова А.В. Використання радарних даних Sentinel-1 для реконструкції часового ряду NDVI пшениці озимої

Мета. Метою дослідження було оцінити точність реконструкції часових рядів нормалізованого різницевого вегетаційного індексу (NDVI) пшениці озимої за використання радіолокаційних даних Sentinel-1 та фенологічно нормалізованого часу в умовах неповного оптичного покриття Sentinel-2, а також оцінити стійкість підходу в різні вегетаційні періоди. **Методи**. Дослідження проведено за даними трьох дослідних ділянок Навчально-науково-практичного центру Миколаївського національного аграрного університету протягом чотирьох вегетаційних сезонів (2021-2025). Для формування єдиного часового масштабу між вегетаціними періодами використано фенологічно нормалізований час. Як предиктори використано коефіцієнти зворотного розсіювання Sentinel-1 VV і VH, коефіцієнт поляризації Q та індекс радіолокаційної рослинності RVI. Спостереження Sentinel-1 і Sentinel-2 узгоджували за найближчим фенологічним часом. Реконструкцію сезонної динаміки NDVI виконано за допомогою узагальненої адитивної моделі (GAM) та оцінено за двома сценаріями: випадковим утриманням окремих спостережень і блоковою валідацією, що моделювала тривалу відсутність оптичних спостережень через хмарність. **Результати.** Взаємозв'язок NDVI із SAR-предикторами мав виражений фазозалежний характер. Найвищі кореляції з NDVI спостерігалися для RVI та Q у період весняного відновлення вегетації, тоді як VV характеризувався найслабшим зв'язком. В обох сценаріях модель відтворила основну сезонну траєкторію NDVI, включаючи осінній розвиток вегетаційного покриву, зимове зниження, весняне відновлення та максимальні значення індексів поблизу фази колосіння. Точність реконструкції була вищою при випадковому утриманні спостережень, тоді як блокова валідація була складнішою, але також забезпечила відтворення сезонної динаміки в межах безперервного оптичного пропуску. **Висновки.** Поєднання фенологічно нормалізованого часу та SAR-предикторів Sentinel-1 у складі GAM є придатним підходом для реконструкції NDVI пшениці озимої за неповного покриття Sentinel-2. Інтеграція даних Sentinel-1 і Sentinel-2 має потенціал для підвищення часової безперервності NDVI-спостережень

під час моніторингу посівів пшениці озимої. Подальші дослідження доцільно проводити із залученням додаткових вегетаційних періодів та агрокліматичних регіонів і застосуванням просторово незалежної валідації.

Ключові слова: пшениця озима, Sentinel-1, Sentinel-2, NDVI, SAR, фенологічно нормалізований час, GAM, реконструкція часових рядів.

Koshkin D.L., Panfilova A.V. Reconstructing winter wheat NDVI time series using Sentinel-1 radar data

Purpose. This study aimed to assess the accuracy of reconstructing winter wheat normalized difference vegetation index (NDVI) time series using Sentinel-1 radar data and phenologically normalized time under incomplete Sentinel-2 optical coverage, and to evaluate the robustness of the approach across growing seasons. **Methods**. The study used data from three experimental plots at the Educational, Scientific and Practical Center of Mykolaiv National Agrarian University over four growing seasons (2021–2025). Phenologically normalized time was used to establish a common temporal scale across seasons. Sentinel-1 VV and VH backscatter coefficients, the polarization ratio Q, and the Radar Vegetation Index (RVI) were used as predictors. Sentinel-1 and Sentinel-2 observations were matched according to their closest phenological timing. Seasonal NDVI dynamics were reconstructed using a Generalized Additive Model (GAM) and evaluated under two scenarios: random withholding of individual observations and block-gap validation simulating a prolonged absence of optical observations caused by persistent cloud cover. **Results.** The relationship between NDVI and SAR predictors was strongly phase dependent. RVI and Q showed the highest correlations with NDVI during spring regrowth, whereas VV showed the weakest relationship. In both validation scenarios, the model reproduced the main seasonal NDVI trajectory, including autumn canopy development, winter decline, spring regrowth, and maximum values around heading. Reconstruction was more accurate under random withholding, while block-gap validation remained more challenging but preserved the seasonal NDVI dynamics across the continuous optical gap. **Findings.** Combining phenologically normalized time with Sentinel-1 SAR predictors within a GAM provides a suitable basis for reconstructing winter wheat NDVI under incomplete Sentinel-2 coverage. The results demonstrate the potential of Sentinel-1 and Sentinel-2 integration to improve the temporal continuity of NDVI time series for winter wheat monitoring. Further research should include additional growing seasons and agroclimatic regions and apply spatially independent validation.

Key words: winter wheat, Sentinel-1, Sentinel-2, NDVI, SAR, phenologically normalized time, GAM, time series reconstruction

Дата першого надходження статті до видання: 07.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 633.11:631.95:631.81
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.16

ВПЛИВ ФЕНІЛЗАМІЩЕНИХ ПОХІДНИХ НА ПЕРЕЗИМІВЛЮ АГРОЦЕНОЗІВ ПШЕНИЦІ

ЛОЗА В.В. – аспірант
orcid.org/0009-0004-1473-6294
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
НАЗАРЕНКО М.М. – доктор сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-6604-0123
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Пшениця озима залишається однією з базових культур аграрного виробництва, а її продуктивність в умовах трансформації кліматичних умов дедалі сильніше залежить від різких коливань температури в зимово-весняний період. За таких умов якість польових сходів і фізіологічний стан вузла кущення набувають особливого значення, оскільки саме цей орган забезпечує відновлення після низькотемпературного стресу [6, 8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні підходи до передпосівної обробки насіння розглядають передпосівну обробку насіннєвого матеріалу як відносно простий спосіб попередньої активації метаболізму, підвищення синхронності проростання та формування стресової пам'яті рослин [1, 3, 5]. Для зимового періоду ключовим є здатність рослин зберігати функціональний стан вузла кущення. У працях, присвячених морозостійкості, показано зв'язок між адаптацією до низьких температур, регуляцією гормонального балансу, транскрипційною перебудовою та накопиченням первинних метаболітів [2, 4].

Водночас для озимих форм важливим залишається питання, чи трансформується рання стимуляція насіння у підвищену зимостійкість. Накопичення розчинних цукрів у вузлі кущення є одним із ключових маркерів такої реакції [6–7]. Дослідження морозостійкості також засвідчують істотну сортову специфіку реакції, що потребує поєднання фізіологічного та генотипового аналізу [8].

Мета. Метою досліджень було оцінити вплив двох фенілзаміщених похідних – FA-55 (5-феніл-імідазолідин-2,4-діон) та FA-59 (N-(1-гідрокси-2-оксо-2-феніл-етил)-бензенсульфонамід) на ранній розвиток, формування вуглеводного запасу у вузлі кущення та перезимівлю сортів пшениці м'якої озимої.

Матеріали та методика досліджень. Польові та лабораторні дослідження проводили впродовж 2023–2026 рр. на експериментальній базі Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Насіння пшениці м'якої озимої сортів МІП Дарунок, МІП Відзнака, Біла, Бісквіт (Україна), ДСВ1929121 (Німеччина), ФОРСАЙТ і Фокс (Франція) обробляли водними розчинами FA-55 (5-феніл-імідазолідин-2,4-діон) та FA-59 (N-(1-гідрокси-2-оксо-2-феніл-етил)-бензенсульфонамід). Кожну речовину випробовували у трьох концентраціях 0,01, 0,02 та 0,04%. Для кожного варіанта обробки, а також для необробленого контролю використовували 1000 насінин. Тривалість замочування становила 24 год.

Площа ділянки 10 м^2, міжряддя становило 0,15 м, довжина рядка – 1,5 м. Агротехніка та заходи захисту рослин здійснювали відповідно до регіональних рекомендацій для зони Степу України. Особливу увагу приділяли оцінюванню перезимівлі, яку визначали як підрахунком живих рослин, так і за концентрацією розчинних цукрів у вузлі кущення в найбільш критичні періоди перезимівлі (визначали за ДСТУ 7969:2015 [9]). Використовували лінійний дискримінантний та факторний аналіз. Дані обробляли за допомогою програмного забезпечення Statistica 10.0 (модулі ANOVA та дискримінантний аналіз).

Результати досліджень. Передпосівна обробка FA-55 призводила до впливу на польові показник онтогенезу рослин за чітко вираженою динамікою варіативності у відповідності до зміни концентрації. У всіх сортів найкращі значення схожості, стану рослин перед зимою та виживання формувалися за концентрації 0,02%, тоді як 0,01% забезпечувала помірну стимуляцію, а 0,04% фактично позначала фітотоксичний поріг дії (табл. 1).

Серед досліджених сортів найвищі абсолютні показники після оптимальної обробки FA-55 загалом мали МІП Дарунок, МІП Відзнака та Біла. Однак важливо, що позитивна спрямованість реакції за 0,02% була спільною для всього набору сортів. Це свідчить про наявність не випадкового ефекту впливу сорті, а відносно стійкого фізіологічного оптимуму дії сполуки. Водночас різке зниження виживання за 0,04% вказує на вузький робочий діапазон застосування FA-55.

Всі параметри істотно змінювалися залежно від концентрації препарату ($F = 20,99$; $F_{0,05} = 3,25$; $P = 2,02 \times 10^{-4}$). Було встановлено сортові відмінності ($F = 5,62$; $F_{0,05} = 3,49$; $P = 0,02$). Взаємодія генотип × агент була значущою ($F = 5,19$; $F_{0,05} = 5,10$; $P = 0,05$).

FA-59 як потенційний стимулятор проявив інший тип дії. За концентрації 0,01% його вплив був близьким до контролю або слабо-позитивним, тоді як 0,02% та особливо 0,04% знижували схожість, стан перед перезимівлею та виживання. Всі досліджувані параметри істотно змінювалися зі зміною концентрації препаратів ($F = 22,12$; $F_{0,05} = 3,25$; $P = 2,04 \times 10^{-5}$). Відмінності між сортами не були значущими ($F = 3,26$; $F_{0,05} = 3,49$; $P = 0,06$). Взаємодія

© Лоза В.В., Назаренко М.М., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Таблиця 1

Схожість і виживання за дії FA-55 (%, x ± SD, n = 10)

Сорт	Схожість	Перед зимою	Виживання
МІП Дарунок	91,20 ± 0,12[a]	90,70 ± 0,13[a]	90,10 ± 0,14[a]
МІП Дарунок, FA-55 0.01%	93,20 ± 0,28[b]	92,90 ± 0,24[b]	92,60 ± 0,22[b]
МІП Дарунок, FA-55 0.02%	94,20 ± 0,31[c]	93,80 ± 0,30[c]	93,40 ± 0,28[b]
МІП Дарунок, FA-55 0.04%	86,20 ± 0,35[d]	85,20 ± 0,33[d]	80,80 ± 0,40[c]
МІП Відзнака	91,40 ± 0,14[a]	91,00 ± 0,15[a]	90,30 ± 0,13[a]
МІП Відзнака, FA-55 0.01%	93,80 ± 0,29[b]	93,40 ± 0,25[b]	92,70 ± 0,33[b]
МІП Відзнака, FA-55 0.02%	94,50 ± 0,33[b]	94,10 ± 0,31[b]	93,60 ± 0,34[b]
МІП Відзнака, FA-55 0.04%	86,80 ± 0,36[c]	85,70 ± 0,34[c]	81,30 ± 0,41[c]
Біла	90,80 ± 0,21[a]	90,40 ± 0,22[a]	89,80 ± 0,23[a]
Біла, FA-55 0.01%	93,20 ± 0,25[b]	92,70 ± 0,23[b]	91,90 ± 0,25[b]
Біла, FA-55 0.02%	93,80 ± 0,26[b]	93,20 ± 0,25[b]	92,70 ± 0,27[b]
Біла, FA-55 0.04%	86,40 ± 0,34[c]	84,80 ± 0,35[c]	81,20 ± 0,39[c]
Бісквіт	92,30 ± 0,18[a]	91,90 ± 0,19[a]	91,70 ± 0,20[a]
Бісквіт, FA-55 0.01%	93,10 ± 0,21[b]	92,60 ± 0,22[a]	92,10 ± 0,23[a]
Бісквіт, FA-55 0.02%	93,90 ± 0,22[c]	93,70 ± 0,23[b]	93,10 ± 0,24[b]
Бісквіт, FA-55 0.04%	85,40 ± 0,41[d]	83,20 ± 0,43[c]	80,70 ± 0,42[c]
ДСВ 1929121	91,80 ± 0,19[a]	91,70 ± 0,20[a]	90,70 ± 0,24[a]
ДСВ 1929121, FA-55 0.01%	93,20 ± 0,21[b]	92,90 ± 0,22[b]	91,90 ± 0,25[b]
ДСВ 1929121, FA-55 0.02%	94,20 ± 0,32[c]	93,70 ± 0,31[c]	92,70 ± 0,29[c]
ДСВ 1929121, FA-55 0.04%	85,70 ± 0,42[d]	84,20 ± 0,39[d]	80,10 ± 0,45[d]
ФОРСАЙТ	90,70 ± 0,21[a]	90,20 ± 0,22[a]	89,30 ± 0,24[a]
ФОРСАЙТ, FA-55 0.01%	94,20 ± 0,24[b]	93,70 ± 0,23[b]	91,90 ± 0,27[b]
ФОРСАЙТ, FA-55 0.02%	96,10 ± 0,25[c]	95,70 ± 0,24[c]	93,80 ± 0,26[c]
ФОРСАЙТ, FA-55 0.04%	83,40 ± 0,39[d]	81,70 ± 0,42[d]	79,60 ± 0,43[d]
Фокс	90,30 ± 0,20[a]	89,80 ± 0,22[a]	88,80 ± 0,24[a]
Фокс, FA-55 0.01%	94,00 ± 0,25[b]	93,50 ± 0,24[b]	91,70 ± 0,28[b]
Фокс, FA-55 0.02%	95,80 ± 0,26[c]	95,30 ± 0,25[c]	93,50 ± 0,27[c]
Фокс, FA-55 0.04%	83,10 ± 0,40[d]	81,30 ± 0,43[d]	79,20 ± 0,44[d]

Примітка: дані наведено як середнє ± стандартне відхилення; різні літери позначають статистично значущі відмінності за P < 0,05.

не досягала порогу статистичної значущості (F = 3,08; $F_{0,05}$ = 5,10; P = 0,08).

Динаміка розчинних цукрів у вузлі кущення підтвердила різноспрямованість дії двох речовин. За дії FA-55 у концентрації 0,02% у всіх сортів формувався вищий початковий запас цукрів, а їх витрачання впродовж зими було менш різким (табл. 2).

Саме цей варіант найкраще узгоджувався з підвищеним виживанням після перезимівлі. Біологічно це можна пояснити тим, що розчинні цукри виконують роль осмопротекторів, стабілізують мембранні структури. Вплив генотипу був значущим (F = 21,31; $F_{0,05}$ = 2,40; P = 1,67 × 10^{-5}), так само як і концентрації (F = 33,14; $F_{0,05}$ = 2,60; P = 3,07 × 10^{-6}). Взаємодія генотип × концентрація також була значущою (F = 8,81; $F_{0,05}$ = 5,11; P = 0,01).

На відміну від FA-55, FA-59 у середніх і високих концентраціях зменшував вміст цукрів у вузлі кущення. Найбільш чітке пригнічення спостерігалося за 0,04%, де на кінець зимового періоду рівень концентрації цукру запасу був нижчим, ніж у контролі. Вплив генотипу був статистично значущим (F = 17,11; $F_{0,05}$ = 2,40; P = 2,01 × 10^{-4}), так само як і вплив концентрації (F = 18,55; $F_{0,05}$ = 2,90; P = 4,14 × 10^{-4}). Крім того, взаємодія генотип × концентрація також була значущою (F = 6,37; $F_{0,05}$ = 5,11; P = 0,04).

Високий рівень зв'язків для виживання і концентрації цукрів протягом зимового періоду свідчить, що реакція на передпосівну обробку не зводилася до одноразового ефекту при проростанні насіння, а ініціювала комплекс процесів, що впливали на подальше формування змін у зимостійкості. Концентрація мала більший внесок у ідентифікацію окремих варіантів дії, ніж сорт, проте фактор генотипу об'єкту дії також був значущим для виживання та динаміки накопичення цукрів (Рис. 1).

Узагальнення середніх значень діючих чинників у факторному просторі показало, що істотно ідентифікуються як групи об'єктів усі три дії: контроль, FA-55 0,02% і FA-59 0,04% з достовірними різницями за центроїдними відстанями. Фактично, перша сукупність відображає генетично-обумовлений рівень загартування сортів та їх зимостійкість в типових умовах Півночі Степу, другий, згідно з наведеними вище даними, переважно стимулюючу дії першої сполуки щодо як облікових польових показників, так і накопичення вуглеводів, третій переважно

Таблиця 2

Вміст цукру у вузлі кущення протягом періоду перезимівлі за дії FA-55 (%, x ± SD, n = 5)

Варіант	30.11	10.02	5.03
МІП Дарунок	33,5 ± 0,3[a]	30,1 ± 0,2[a]	24,7 ± 0,1[a]
МІП Дарунок, FA-55 0,01%	35,7 ± 0,4[b]	32,6 ± 0,3[b]	28,5 ± 0,2[b]
МІП Дарунок, FA-55 0,02%	37,2 ± 0,3[c]	34,1 ± 0,3[c]	30,8 ± 0,2[c]
МІП Дарунок, FA-55 0,04%	31,9 ± 0,4[d]	28,1 ± 0,3[d]	23,0 ± 0,1[d]
МІП Відзнака	33,1 ± 0,3[a]	29,7 ± 0,2[a]	24,2 ± 0,1[a]
МІП Відзнака, FA-55 0,01%	35,3 ± 0,4[b]	32,4 ± 0,3[b]	28,3 ± 0,1[b]
МІП Відзнака, FA-55 0,02%	36,8 ± 0,3[c]	33,7 ± 0,2[c]	30,6 ± 0,2[c]
МІП Відзнака, FA-55 0,04%	31,4 ± 0,4[d]	27,7 ± 0,2[d]	22,8 ± 0,1[d]
Біла	34,0 ± 0,3[a]	32,5 ± 0,3[a]	29,1 ± 0,1[a]
Біла, FA-55 0,01%	35,6 ± 0,3[b]	32,9 ± 0,2[b]	29,4 ± 0,1[b]
Біла, FA-55 0,02%	36,9 ± 0,4[c]	33,8 ± 0,2[c]	30,5 ± 0,2[c]
Біла, FA-55 0,04%	31,4 ± 0,3[d]	28,7 ± 0,2[d]	24,0 ± 0,2[d]
Бісквіт	30,3 ± 0,3[a]	26,1 ± 0,3[a]	22,1 ± 0,1[a]
Бісквіт, FA-55 0,01%	31,7 ± 0,4[b]	27,3 ± 0,2[b]	23,1 ± 0,2[b]
Бісквіт, FA-55 0,02%	33,0 ± 0,3[c]	28,4 ± 0,3[c]	24,6 ± 0,2[c]
Бісквіт, FA-55 0,04%	29,3 ± 0,3[d]	24,4 ± 0,3[d]	20,4 ± 0,2[d]
ДСВ 1929121	25,3 ± 0,3[a]	21,1 ± 0,3[a]	16,7 ± 0,1[a]
ДСВ 1929121, FA-55 0,01%	27,0 ± 0,4[b]	21,9 ± 0,2[b]	18,3 ± 0,2[b]
ДСВ 1929121, FA-55 0,02%	28,5 ± 0,3[c]	23,1 ± 0,3[c]	19,3 ± 0,2[c]
ДСВ 1929121, FA-55 0,04%	22,5 ± 0,4d	18,7 ± 0,3[d]	15,4 ± 0,2[d]
ФОРСАЙТ	24,3 ± 0,4[a]	19,8 ± 0,3[a]	16,3 ± 0,1[a]
ФОРСАЙТ, FA-55 0,01%	26,3 ± 0,4[b]	21,5 ± 0,2[b]	17,3 ± 0,1[b]
ФОРСАЙТ, FA-55 0,02%	27,5 ± 0,3[c]	22,9 ± 0,2[c]	18,7 ± 0,2[c]
ФОРСАЙТ, FA-55 0,04%	21,5 ± 0,4[d]	18,1 ± 0,3[d]	15,0 ± 0,1[d]
Фокс	24,0 ± 0,4[a]	19,4 ± 0,2[a]	15,9 ± 0,2[a]
Фокс, FA-55 0,01%	26,0 ± 0,3[b]	21,3 ± 0,2[b]	16,9 ± 0,1[b]
Фокс, FA-55 0,02%	27,1 ± 0,4[c]	22,5 ± 0,3[c]	18,3 ± 0,1[c]
Фокс, FA-55 0,04%	21,1 ± 0,3[d]	17,7 ± 0,3[d]	14,8 ± 0,2[d]

Примітка: дані наведено як середнє ± стандартне відхилення; різні літери позначають статистично значущі відмінності за P < 0,05.

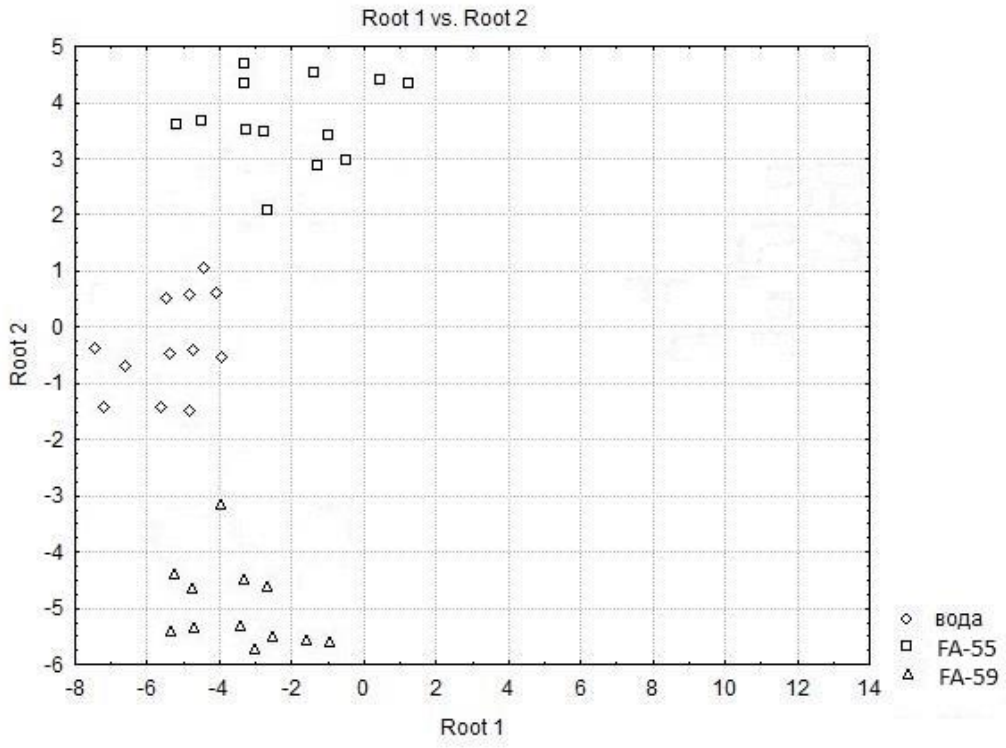


Рис. 1. Класифікація сполук у факторному просторі

депресивний сценарій для другої сполуки щодо обох груп параметрів.

Висновки. FA-55 мала найбільш виражену стимулюючу активність за дії 0,02%, тоді як концентрація 0,04% знижувала показники життєздатності та перезимівлі рослин. FA-59 характеризувався переважно нейтральною дією за концентрації 0,01% та пригніченням у діапазоні концентрацій 0,02–0,04%, котре проявлялося у істотній зниженні схожості, виживання та вмісту розчинних цукрів у вузлі кущення під час періоду перезимівлі. Для практичного використання найбільш перспективним є режим передпосівної обробки FA-55 у концентрації 0,02%. Подальші дослідження мають бути спрямовані на перевірку стабільності цього ефекту для різних умов вирощування та уточнення біохімічних механізмів дії сполуки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Baroi A., Ritu S. A., Khan M. S. U., Uddin M. N., Hossain M. A., Haque M. S. Abscisic acid and glycine betaine-mediated seed and root priming enhance seedling growth and antioxidative defense in wheat under drought. *Heliyon*. 2024. Vol. 10, № 9. e30598.
2. Chowhan S., Kikuchi T., Ohashi M., Kutsuno T., Handa H., Kotake T., Takahashi D. Soluble sugars make a greater contribution than cell wall components to the variability of freezing tolerance in wheat cultivars. *Plant Biotechnology*. 2024. Vol. 41, № 4. P. 401–415.
3. Fu Y., Li P., Si Z., Ma S., Gao Y. Seeds priming with melatonin improves root hydraulic conductivity of wheat varieties under drought, salinity, and combined stress. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024. Vol. 25, № 9. 5055.
4. Jatana B. S., Grover S., Ram H., Baath G. S. Seed priming: Molecular and physiological mechanisms underlying biotic and abiotic stress tolerance. *Agronomy*. 2024. Vol. 14, № 12. 2901.
5. MacDonald M. T., Mohan V. R. Chemical seed priming: Molecules and mechanisms for enhancing plant germination, growth, and stress tolerance. *Current Issues in Molecular Biology*. 2025. Vol. 47, № 3. 177.
6. Mim M. F., Chowdhury M. Z. H., Rohman M. M., Naz A., Bhuiyan A.-U.-A., Mohi-Ud-Din M., Haque M. A., Islam S. M. N. Metarhizium anisopliae (MetA1) seed priming improves photosynthesis, growth, plant defense and yield of wheat under drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry.* 2024. Vol. 217. 109239.
7. Moradi L., Siosemardeh A. Combination of seed priming and nutrient foliar application improved physiological attributes, grain yield, and biofortification of rainfed wheat. *Frontiers in Plant Science.* 2023. Vol. 14. 1287677.
8. Nazarenko M., Khoroshun I. Estimation of effectivity of new growth regulators on winter wheat productivity and quality. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2025. Vol. 16, № 4. e25190.
9. ДСТУ 7969:2015. Пшениця озима. Методи визначання вмісту розчинних вуглеводів у вузлах кущення. (2017). [Чинний від 01.01.2017] Київ: УкрНДНЦ.

REFERENCES:

1. Baroi A., Ritu S. A., Khan M. S. U., Uddin M. N., Hossain M. A., Haque M. S. (2024). Abscisic acid and glycine betaine-mediated seed and root priming enhance seedling growth and antioxidative defense in wheat under drought. *Heliyon*, 10(9). e30598. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30598.
2. Chowhan S., Kikuchi T., Ohashi M., Kutsuno T., Handa H., Kotake T., Takahashi D. (2024). Soluble sugars make a greater contribution than cell wall components to the variability of freezing tolerance in wheat cultivars. *Plant Biotechnology*, 41(4). P. 401–415. https://doi.org/10.5511/plantbiotechnology.24.0801a.
3. Fu Y., Li P., Si Z., Ma S., Gao Y. (2024). Seeds priming with melatonin improves root hydraulic conductivity of wheat varieties under drought, salinity, and combined stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(9). 5055. https://doi.org/10.3390/ijms25095055.
4. Jatana B. S., Grover S., Ram H., Baath G. S. (2024). Seed priming: Molecular and physiological mechanisms underlying biotic and abiotic stress tolerance. *Agronomy*, 14(12). 2901. https://doi.org/10.3390/agronomy14122901.
5. MacDonald M. T., Mohan V. R. (2025). Chemical seed priming: Molecules and mechanisms for enhancing plant germination, growth, and stress tolerance. *Current Issues in Molecular Biology*, 47(3). 177. https://doi.org/10.3390/cimb47030177.
6. Mim M. F., Chowdhury M. Z. H., Rohman M. M., Naz A., Bhuiyan A.-U.-A., Mohi-Ud-Din M., Haque M. A., Islam S. M. N. (2024). Metarhizium anisopliae (MetA1) seed priming improves photosynthesis, growth, plant defense and yield of wheat under drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 217. 109239. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.109239.
7. Moradi L., Siosemardeh A. (2023). Combination of seed priming and nutrient foliar application improved physiological attributes, grain yield, and biofortification of rainfed wheat. *Frontiers in Plant Science*, 14. 1287677. https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1287677.
8. Nazarenko M., Khoroshun I. (2025). Estimation of effectivity of new growth regulators on winter wheat productivity and quality. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 16(4). e25190. https://doi.org/10.15421/0225190.
9. DSTU 7969:2015. (2017). Pshenytsia ozyma. Metody vyznachannia vmistu rozchynnykh vuhlevodiv u vuzlakh kushchennia. [Winter wheat. Methods for determination of soluble carbohydrates content in tillering nodes]. [Effective from 2017-01-01]. Kyiv: UkrNDNC. [in Ukrainian].

Лоза В.В., Назаренко М.М. Вплив фенілзаміщених похідних на перезимівлю агроценозів пшениці

Попри значний обсяг робіт із застосування різних сполук для передпосівної обробки насіння зернових культур, недостатньо досліджено дію нових фенілзаміщених похідних на зимостійкість пшениці озимої. Особливо мало даних щодо оцінки динаміки концентрації цукрів у вузлі кущення та багатовимірного аналізу варіантів обробки. **Мета.** Оцінити вплив двох фенілзаміщених похідних – FA-55 (5-феніл-імідазолідин-2,4-діон) та FA-59 (N-(1-гідрокси-2-оксо-2-феніл-етил)-бензенсульфонамід) на ранній розвиток, формування вуглеводного запасу у вузлі кущення та перезимівлю сортів пшениці м'якої озимої. **Методи:** Польові та лабораторні дослідження проводили впродовж 2023–2026 рр. у зоні Степу за умов нестійкого зволоження. Насіння семи сортів замочували у водних розчинах досліджуваних сполук концентрацією 0,01, 0,02 і 0,04% протягом 24 год; контролем було

замочування у воді. Визначали польову схожість, стан рослин перед перезимівлею, виживання після перезимівлі та вміст розчинних цукрів у вузлі кущення на основних етапах зимового періоду. **Результати.** Встановлено різноспрямований характер дії сполук. FA-55 виявляла чіткий оптимум за концентрації 0,02%, що супроводжувалося підвищенням схожості, кращим збереженням рослин перед зимою, вищим рівнем розчинних цукрів і зростанням післязимового виживання. За концентрації 0,04% стимулювальна дія FA-55 зникала, а зимові втрати зростали. FA-59 характеризувалася слабкою або нейтральною дією за 0,01%, тоді як концентрації 0,02–0,04% спричиняли пригнічення ростових і фізіологічних показників, зниження вмісту цукрів та погіршення перезимівлі. Найбільш інформативними критеріями диференціації варіантів були післязимове виживання рослин і концентрація розчинних цукрів у вузлі кущення. Високі значення дискримінуючих функцій для даних параметрів протягом періоду онтогенезу рослин свідчать, що реакція на обробку не зводилася до одноразового ефекту під час ініціальних фаз росту та розвитку, а охоплювала весь період перезимівлі. Отримані результати свідчать про перспективність FA-55 у концентрації 0,02% як агента регуляції процесів росту та розвитку для підвищення зимостійкості агроценозів пшениці озимої. **Висновки.** Для практичного використання найбільш перспективним є режим передпосівної обробки FA-55 у концентрації 0,02%. Перспективи використання результатів дослідження. Подальші дослідження мають бути спрямовані на перевірку стабільності цього ефекту для різних умов вирощування та уточнення біохімічних механізмів дії сполуки.

Ключові слова: пшениця озима, зимостійкість, схожість, виживання, рістрегулятор, сорт, концентрація цукрів.

Loza V.V., Nazarenko M.M. The Effect of Phenyl-Substituted Derivatives on the Overwintering of Wheat Agrocenoses

Despite the considerable amount of research on the use of various compounds for pre-sowing seed treatment of cereal crops, the effects of new phenyl-substituted derivatives on the winter hardiness of winter wheat remain insufficiently studied. In particular, there is limited information on the dynamics of sugar concentration in the tillering node and on the multivariate analysis of treatment variants. **Purpose.** To evaluate the effects of two phenyl-substituted derivatives – FA-55 (5-phenyl-imidazolidine-2,4-dione) and FA-59 (N-(1-hydroxy-2-oxo-2-phenylethyl)benzenesulfonamide) – on early development, carbohydrate reserve formation in the tillering node, and overwintering of bread winter wheat varieties. **Methods:** Field and laboratory investigations were conducted during 2024–2026 in the steppe zone under sub-humid conditions. Seeds of seven varieties were soaked for 24 h in aqueous solutions of the tested compounds at concentrations of 0.01, 0.02, and 0.04%; water soaking served as the control. Field emergence, plant condition before winter, post-winter survival, and soluble sugar content in the tillering node at the main stages of the winter period were determined. **Results.** The compounds showed divergent effects. FA-55 demonstrated a clear concentration optimum at 0.02%, which was associated with improved emergence, better plant preservation before winter, higher soluble sugar accumulation, and increased post-winter survival. At 0.04%, the stimulatory effect of FA-55 weakened and winter losses increased. FA-59 showed a weak or neutral effect at 0.01%, whereas concentrations of 0.02–0.04% caused suppression of growth and physiological parameters, reduced sugar content, and poorer overwintering. The most informative criteria for differentiating the treatments were post-winter plant survival and soluble sugar concentration in the tillering node. High values of the discriminant functions for these parameters during plant ontogenesis indicate that the response to treatment was not limited to a single effect during the initial phases of growth and development, but extended throughout the entire overwintering period. The obtained results demonstrate the potential of FA-55 at a concentration of 0.02% as an agent regulating growth and development processes to enhance the winter hardiness of winter wheat agrocenoses. **Findings.** For practical use, the most promising pre-sowing treatment regime is FA-55 at a concentration of 0.02%. Further studies should focus on verifying the stability of this effect under different growing conditions and on clarifying the biochemical mechanisms of action of the compound.

Key words: winter wheat, winter hardiness, germination, survival, growth regulator, variety, sugar concentration.

Дата першого надходження статті до видання: 31.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 633.11:631.426.3:631.67
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.17

БІОХІМІЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ КАРТОПЛІ СОРТУ КНЯГИНЯ ЗАЛЕЖНО ВІД ФАКТОРІВ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ВИРОЩУВАННЯ В СІВОЗМІНАХ І МОНОКУЛЬТУРІ

ЛЯЩЕНКО С.А. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0001-6558-7058
Інститут картоплярства Національної академії аграрних наук України
РЕМЕНЮК С.О. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-4407-4293
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України
МАКУХ Я.П. – доктор сільськогосподарських наук
orcid.org//0000-0002-6954-1388
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України
ДОРОНІН В.А. – доктор сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0001-9355-881X
Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Сучасний стан аграрного виробництва в Україні, зокрема в регіоні Південного Полісся, характеризується помітною трансформацією структури посівних площ у бік вузької спеціалізації та концентрації виробництва окремих культур. У картоплярстві це часто призводить до суттєвого перенасичення короткоротаційних сівозмін картоплею або навіть до її тривалого вирощування як беззмінної культури в монокультурі. Таке антропогенне навантаження викликає комплекс негативних фізіолого-екологічних наслідків, відомих у науці як явище втоми ґрунту. Воно супроводжується погіршенням фізико-хімічних властивостей орного шару, накопиченням специфічної токсичної мікрофлори та стрімким поширенням фітопатогенів, що сумарно блокує нормальний онтогенез рослин і суттєво обмежує реалізацію генетичного потенціалу сучасних вітчизняних сортів.

Особливої актуальності ця проблема набуває при вирощуванні інтенсивних сортів, які характеризуються високою продуктивністю та адаптивністю, проте потребують збалансованих умов мінерального і органічного живлення для стабільного проходження вуглеводного обміну. В умовах дерново-підзолистих супіщаних ґрунтів Південного Полісся, які мають низький природний буферний потенціал, перенасичення площ картоплею та дефіцит органічної речовини призводять до стрімкого падіння не лише загальної врожайності, а й біохімічних параметрів якості продукції, насамперед вмісту сухої речовини та крохмалю.

У зв'язку з цим виникає гостра науково-практична потреба в комплексному обґрунтуванні ефективних факторів інтенсифікації та біологізації технології вирощування. Необхідно чітко визначити, як різні системи добрив (включаючи використання гною, соломи та сидератів) і періодичність оновлення садивного матеріалу здатні нівелювати деструктивний вплив монокультури на процеси крохмалеутворення та накопичення сухих речовин у бульбах картоплі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання оптимізації структури сівозмін, систем удобрення та насінництва картоплі постійно перебувають у центрі уваги провідних вітчизняних та іноземних науковців. У фундаментальних працях фахівців Інституту картоплярства НААН України неодноразово наголошувалося, що сучасні сорти інтенсивного типу мають диференційовану реакцію на умови вирощування, а їхній біохімічний потенціал повною мірою реалізується лише за оптимального поєднання агротехнічних чинників [1, 2]. Оцінка генетичного потенціалу та адаптивності середньостиглого сорту картоплі Княгиня до ґрунтово-кліматичних умов Поліського регіону доводить необхідність чіткого структурування технологічних факторів для стабілізації фізіологічних процесів.

У дослідженнях вітчизняних авторів доведено, що беззмінна культура картоплі викликає глибокі деструктивні зміни в ризосфері. Науковці зазначають, що за тривалого вирощування в монокультурі врожайність бульб може знижуватися на 30–50 % порівняно з ланками сівозміни, де картопля займає не більше 20–25 % площі [3, 4]. Разом із падінням валового збору фіксується стрімке погіршення технологічних властивостей сировини, зокрема зниження крохмалистості на 1,0–2,5 %. Цей депресивний стан агрофітоценозу безпосередньо пов'язаний із втомою ґрунту, яка за тривалого вирощування картоплі в монокультурі на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтях Полісся призводить до погіршення мікробіологічних та агрохімічних показників орного шару [5, 6]. Розвиток фітопатогенного пресингу та погіршення фітосанітарного стану ризосфери за беззмінного вирощування пасльонових структур вимагає пошуку дієвих компенсаторних важелів.

Вагомий внесок у вирішення проблеми компенсації ґрунтової втоми за допомогою засобів біологізації

© Лященко С.А., Ременюк С.О., Макух Я.П., Доронін В.А., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

живлення та оптимізації короткоротаційних сівозмін зробили зарубіжні та вітчизняні дослідники. Зокрема, детально обґрунтовано можливість обмеження мінерального навантаження за рахунок інтеграції в технологію сидеральних культур (catch crops) та побічної продукції рослинництва (соломи) [7]. Доведено, що використання мікробіологічних деструкторів та органічних залишків активізує сапрофітну мікрофлору, яка виступає природним антагоністом ґрунтових патогенів, що дозволяє стабілізувати білковий та вуглеводний метаболізм картоплі навіть за дефіциту хімічних туків [8]. Важливу роль сидеральних культур і пожнивних сидератів у регуляції ґрунтової мікрофлори та підвищенні якості бульб також підтверджують американські вчені [9]. Водночас ефективність поєднання різних сидеральних культур із сучасними стратегіями добрив для накопичення сухої речовини і крохмалю була детально вивчена в умовах органічного виробництва європейськими фахівцями [10, 11]. Експериментально доведено, що біологізація систем удобрення в ланках короткоротаційних сівозмін є ефективним заходом відновлення продуктивності культури.

Питання синергізму між якістю насіннєвого матеріалу та агрофоном висвітлені у працях багатьох дослідників. Установлено, що використання насіння нижчих репродукцій без сортооновлення різко знижує стійкість культури до фітопатогенного пресингу ґрунту в монокультурі [12, 13]. Щорічна заміна садивного матеріалу оздоровленим насінням елітного покоління дозволяє частково нівелювати депресивний вплив беззмінного вирощування та суттєво підвищити насіннєву і біохімічну продуктивність культури [14]. Дослідження реакції сортів картоплі на тривале беззмінне вирощування та фізіологічне омолодження насінєвих бульб в умовах кліматичних змін підтверджують високу окупність регулярного сортооновлення.

Особливості накопичення крохмалю та сухих речовин у бульбах нових сортів картоплі мають чітку сортову специфіку. При цьому характер дії мінеральних та органічних добрив на процеси синтезу та акумуляції вуглеводів суттєво варіює залежно від генетичних особливостей культури [15, 16]. Попри значну кількість наукових праць, питання сумісного впливу ступеня насичення сівозмін, нових схем органо-мінерального удобрення (із використанням соломи та озимого жита на сидерат) та рівнів сортооновлення на вміст і валовий збір крохмалю та сухої речовини в специфічних ґрунтово-кліматичних умовах Південного Полісся України залишаються вивченими недостатньо і потребують глибшого експериментального обґрунтування.

Мета дослідження – обґрунтувати та експериментально оцінити вплив насичення сівозмін картоплею, систем удобрення та рівнів оновлення насіннєвого матеріалу на вміст і валовий збір крохмалю та сухої речовини в бульбах картоплі сорту Княгиня, а також встановити кореляційні закономірності між цими показниками для оптимізації біохімічного потенціалу культури в умовах сівозмін та беззмінного вирощування.

Матеріали та методика досліджень. Експериментальні дослідження проводили впродовж 2023–2025 років на дослідних полях у географічній зоні Південного Полісся України. Ґрунтовий покрив дослідних ділянок представлений дерново-підзолистими супіщаними ґрунтами, які є типовими для даного регіону. Агрохімічна характеристика орного шару ґрунту (0–20 см) перед закладанням дослідів свідчила про низький вміст гумусу, слабкокислу або близьку до нейтральної реакцію ґрунтового розчину, середній рівень забезпеченості рухомими формами фосфору та калію, а також низький вміст легкогідролізованого азоту.

Об'єктом досліджень слугував середньостиглий сорт картоплі Княгиня столового призначення, створений в Інституті картоплярства НААН України. Сорт характеризується високим генетичним потенціалом продуктивності, посухостійкістю та адаптивністю до умов Поліського регіону.

Програма досліджень передбачала закладання польового експерименту, що складався з чотирьох самостійних, але взаємопов'язаних дослідів, які вивчали різні чинники інтенсифікації вирощування картоплі в сівозмінах та за беззмінного (монокультурного) вирощування.

Дослід 1. Вивчали вплив ступеня насичення короткоротаційних сівозмін картоплею. Схема досліду включала три варіанти насичення: 20 % (одне поле сівозміни), 50 % (два поля сівозміни) та 100 % (беззмінна культура картоплі). На всіх варіантах досліду 1 застосовували сталу органо-мінеральну систему удобрення (варіант В за загальною класифікацією схеми живлення), яка передбачала внесення 40 т/га перегною під зяблеву оранку та мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{60}K_{90}$ під весняне культивування. Посадку здійснювали садивним матеріалом категорії Х (використання насіння впродовж чотирьох років без оновлення).

Дослід 2. Оцінювали ефективність різних систем удобрення та сидеральних культур за стабільного 50 %-го насичення сівозміни картоплею та використання насіннєвого матеріалу нижчих репродукцій (категорія Х). Схема досліду включала такі варіанти живлення:

Варіант А (органо-сидеральна система) – внесення 40 т/га перегною, соломи зернових культур у нормі 3,0 т/га з додаванням N_{30} для активізації її деструкції, а також посів жита озимого на сидерат із внесенням N_{20} весною під час заробки біомаси.

Варіант Б (мінерально-сидеральна система) – внесення мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{60}K_{90}$ у поєднанні із соломою (3,0 т/га + N_{30}) та сидеральним посівом озимого жита (+ N_{20}).

Варіант В (класична органо-мінеральна система, контроль фону) – сумісне внесення 40 т/га перегною та мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{60}K_{90}$.

Варіант Г (суто мінеральна система) – внесення повної норми мінеральних добрив у дозі $N_{90}P_{60}K_{90}$ без додавання органічних та сидеральних компонентів.

Дослід 3. Проводили оптимізацію систем удобрення за умов критичного 100 %-го насичення посівів картоплею (тривале беззмінне вирощування в монокультурі) з використанням насіння категорії Х. Оцінювали чотири схеми живлення:

Варіант Д (мінерально-сидеральна система для монокультури) – внесення мінерального комплексу $N_{90}P_{60}K_{90}$ у поєднанні з посівом жита озимого на сидерат (із внесенням N_{20} під заробку зеленої маси).

Варіант Е (суто органічна система) – внесення лише 40 т/га гною під осінню оранку.

Варіант В (класичний органо-мінеральний контроль) – сумісне внесення 40 т/га гною та $N_{90}P_{60}K_{90.}$

Варіант Г (суто мінеральна система) – внесення $N_{90}P_{60}K_{90}$.

Дослід 4. Досліджували вплив періодичності оновлення насіннєвого матеріалу на фоні органо-мінерального удобрення (варіант В) за двох полярних рівнів насичення (20 % та 100 %). Порівнювали два варіанти якості садивного матеріалу:

Категорія Х – тривале репродукційне використання власного насіннєвого матеріалу без сортооновлення впродовж чотирьох років.

Категорія Y – щорічна заміна садивного матеріалу елітним насінням (щорічне сортооновлення).

Польові досліди закладали методом розщеплених ділянок у чотириразовому повторенні. Площа облікової ділянки становила 25–50 м^2, розміщення ділянок – систематичне послідовне. Догляд за насадженнями картоплі здійснювали відповідно до загальноприйнятих рекомендацій для зони Полісся.

Біохімічні аналізи бульб проводили щорічно у серпні–вересні безпосередньо під час збирання врожаю картоплі. Зразки бульб відбирали середньої фракції з кожної повторності досліду. Лабораторний аналіз біохімічних параметрів якості включав:

Визначення вмісту сухої речовини у сирій масі бульб методом висушування наважки у сушильній шафі за температури 105 градусів Цельсія до постійної маси відповідно до державних стандартів.

Визначення вмісту крохмалю на сиру масу за допомогою ваг Парова, що базується на встановленні питомої ваги бульб картоплі у воді.

Валовий збір сухої речовини та крохмалю (т/га) розраховували математичним шляхом на основі даних фактичної врожайності картоплі з кожної ділянки та відсоткового вмісту відповідного показника у сирій масі бульб [17].

Математично-статистичну обробку експериментального масиву даних здійснювали за допомогою методу дисперсійного аналізу для визначення найменшої істотної різниці на п'ятипроцентному рівні значущості. Для оцінки щільності та характеру зв'язку між якісними характеристиками та валовою продуктивністю застосовували метод парної лінійної кореляції Пірсона. Математичні розрахунки та побудову кореляційно-регресійних діаграм виконували з використанням спеціалізованого програмного забезпечення на мові Python (бібліотеки NumPy та Matplotlib).

Результати. Аналіз експериментальних даних показує, що насичення сівозмін картоплею, системи удобрення та рівень оновлення садивного матеріалу мали суттєвий фізіолого-біохімічний вплив на накопичення сухої речовини в бульбах та її сумарний вихід з одиниці площі (табл. 1). Показники також демонстрували чітку міжрічну варіабельність залежно від умов сезону вегетації.

За вивчення реакції сорту картоплі Княгиня на ступінь насичення сівозміни картоплею від 20 % до 100 %

Таблиця 1

Вміст сухої речовини в бульбах картоплі сорту Княгиня і її збір залежно від насичення посівів картоплею, удобрення та категорії насіння в сівозмінах і монокультурі

Дослід	Варіант	Насичення, %	Удобрення	Категорія насіння	На сиру масу							
					суха речовина, %				збір, т/га			
					роки							
					2023	2024	2025	середнє	2023	2024	2025	середнє
1	1контроль	20	В	Х	19,8	24,4	19,8	21,0	3,4	4,2	6,8	4,8
	2	50	В	Х	16,3	24,6	19,6	20,1	3,4	3,1	4,5	3,6
	3	100	В	Х	16,3	23,7	19,8	19,6	2,2	3,1	5,3	3,5
	Нір 0,5	-	-	-	0,6	2,1	1,4	-	1,3	1,3	1,0	-
2	1	50	А	Х	18,1	23,0	21,0	20,7	2,7	3,6	5,5	3,9
	2	50	Б	Х	17,3	24,6	21,4	21,1	2,7	3,4	4,4	3,5
	3контроль	50	В	Х	16,3	24,6	19,6	20,1	3,7	3,1	4,5	3,7
	4	50	Г	Х	20,0	25,8	20,4	22,0	2,8	3,5	5,3	3,8
	Нір 0,5	-	-	-	1,0	0,9	1,0	-	1,0	2,0	1,5	-
3	1	100	Д	Х	18,8	24,6	19,4	20,9	1,3	2,7	5,2	3,0
	2	100	Е	Х	18,0	24,8	21,7	21,5	1,5	2,5	5,1	3,0
	3контроль	100	В	Х	16,3	23,7	19,0	19,6	2,2	3,1	5,3	3,5
	4	100	Г	Х	17,8		20,2	20,5	2,0	2,9	5,6	3,5
	Нір 0,5	-	-	-	0,7	0,7	1,2	-	1,0	1,5	1,5	-
4	1контроль	20	В	Х	19,8	24,1	19,8	21,2	5,9	4,3	2,5	4,2
	2	100	В	Х	16,3	23,7	19,0	19,6	3,4	3,1	2,8	3,1
	3	100	В	Y	17,4	22,8	20,3	20,1	3,3	4,0	4,6	3,9
	Нір 0,5	-	-	-	1,5	1,9	1,5	-	1,3	2,3	1,7	-

Примітки: 1. А – 40 т/га гній, солома N30, жито озиме на сидерат N20; Б – N90P60K90, солома N30, жито озиме на сидерат N 20; В – 40 т/га гній, N90P60K90; Г– N90P60K90; Д – N90P60K90, жито озиме на сидерат N20, Е – 40 т/га гній; 2. Х – використання насіннєвого матеріалу впродовж чотирьох років; Y – щорічна заміна садивного матеріалу.

(беззмінна культура) на сталому органо-мінеральному фоні вирощування встановлено, що збільшення частки картоплі в сівозміні супроводжувалося поступовим зниженням концентрації сухої речовини в бульбах. Найвищий показник у середньому за 3 роки зафіксовано за мінімального 20 %-го насичення – 21,0 %. Насичення сівозміни на рівні 50 % та 100 % зумовило зниження вмісту до 20,1 % та 19,6 % відповідно.

За роками максимальні рівні накопичення відмічено у 2024 році (23,7–24,6 %), тоді як у 2023 та 2025 роках спостерігався помітний спад. Валовий збір сухої речовини чітко повторив закономірність її вмісту. Максимальний середній вихід з гектара отримано за 20 %-го насичення сівозміни – 4,8 т/га, з абсолютним піком у сприятливому 2025 році – 6,8 т/га. Перехід до насичення 50 % та монокультури (100 %) призвів до достовірного зниження збору до 3,6 та 3,5 т/га. Це підтверджує негативний кумулятивний ефект втоми ґрунту при перенасиченні сівозміни, який обмежує формування біомаси культури.

У досліді 2 найвищу середню концентрацію сухої речовини сорту Княгиня забезпечила суто мінеральна система Г ($N_{90}P_{60}K_{90}$) – 22,0 %, що зумовлено збалансованим осмотичним тиском ґрунтового розчину. Застосування органо-сидерального (А) та мінерально-сидерального (Б) комплексів дозволило отримати 20,7 % та 21,1 % сухої речовини. Мінімальний показник зафіксовано на класичному контролі В – 20,1 %. У розрізі років лідером залишився 2024 рік, де на варіанті Г сорту Княгиня зафіксовано рекордні 25,8 %. Незважаючи на нижчий відсоток вмісту, максимальний середній вихід сухої речовини завдяки вищій урожайності бульб зафіксовано в органо-мінеральних системах: у варіанті А – 3,9 т/га та у класичному контролі В – 3,7 т/га. Суто мінеральна схема Г забезпечила 3,8 т/га, а мінерально-сидеральний варіант Б показав найменшу продуктивність – 3,5 т/га.

Найкращі умови для накопичення сухої речовини в монокультурі (дослід 3) забезпечила суто органічна система Е (гній 40 т/га) – 21,5 % та мінерально-сидеральна Д – 20,9 % у середньому за три роки. Варіант Г сформував 20,5 %, а найнижчу концентрацію показав контроль В – 19,6 %. За роками у 2024 році відмічено високу стабільність показника у межах 23,7–24,8 % для всіх схем живлення. Валовий вихід сухої речовини в монокультурі виявився критично низьким на варіантах Д та Е (лише 3,0 т/га у середньому), що пов'язано з різким падінням урожайності. Органо-мінеральний контроль В та мінеральна схема Г продемонстрували достовірно вищу стабільність збору – 3,5 т/га.

У досліді 4, який спрямований на вивчення впливу оновлення насіннєвого матеріалу (удобрення, насичення 20 % та 100 %), встановлено, що щорічне оновлення садивного матеріалу в монокультурі (варіант 3, категорія Y) забезпечило середній вміст сухої речовини на рівні 20,1 %, що вище за варіант із насінням нижчих репродукцій X (19,6 %). Однак максимальні значення відзначено у контролі сівозміни (20 % насичення, категорія X), де середня концентрація склала 21,2 %, а у 2024 році досягла 24,1 %. Оновлення насіннєвого матеріалу сорту Княгиня до категорії Y в умовах монокультури дозволило суттєво підвищити валовий збір сухої речовини – з 3,1 т/га до 3,9 т/га (чистий приріст становить +0,8 т/га, що є математично доведеним відносно випадкової похибки). Водночас щорічна заміна насіння в монокультурі не дозволила досягти найвищих показників у порівнянні з сівозміною за 20 %-го насичення (варіант 1), де середній збір сухої речовини досяг 4,2 т/га.

Аналіз експериментальних даних свідчить, що насичення сівозмін картоплею, системи удобрення та категорії насіннєвого матеріалу чинили суттєвий вплив на крохмалистість бульб та загальний вихід крохмалю з одиниці площі (табл. 2). Спостерігали також чітку мікрокліматичну залежність показників від умов року вирощування.

У досліді 1 вивчали реакцію культури на ступінь насичення сівозміни від 20 % до 100 % за стабільного мінерально-органічного удобрення (гній 40 т/га + $N_{90}P_{60}K_{90}$). Найвищу крохмалистість у середньому за 3 роки зафіксовано за 100 %-го насичення (беззмінна культура) – 12,2 %. За мінімального насичення (20 %) показник становив 12,0 %, а за 50 % – знижувався до 11,8 %. За роками пік крохмалистості сорту Княгиня припав на 2024 рік (12,8–13,0 %), тоді як у 2025 році відмічено спад до 11,3–11,5 %. Різниця між варіантами насичення у 2023 та 2024 рр. є в межах статистичної похибки, проте у 2025 році вона стає математично значущою відносно контролю.

На противагу вмісту, валовий збір крохмалю продемонстрував зворотну закономірність.

Максимальний середній збір отримано за 20 %-го насичення сівозміни – 2,9 т/га (із рекордом у 2025 р. – 4,6 т/га). Зі збільшенням насичення до 50 % та 100 % збір крохмалю достовірно падає до 2,4 т/га та 2,2 т/га відповідно. Це свідчить про те, що загальне зниження врожайності бульб через перенасичення сівозміни картоплею (кумулятивний ефект втоми ґрунту) не компенсується навіть вищим відсотком крохмалистості.

У досліді 2 досліджували чотири системи добрив: суто органічну з сидератами (А), органо-мінеральну з сидератами (Б), класичну органо-мінеральну (В – контроль) та суто мінеральну (Г). Найкращі умови для біосинтезу крохмалю у середньому забезпечили варіанти А (гній + солома + сидерат) – 12,3 % та варіант Г (суто мінеральна схема) – 12,2 %. Контрольний варіант В та мінерально-сидеральний Б сформували нижчу крохмалистість – 11,8–11,9 %. За роками найбільш продуктивним за даним показником був 2024 рік, де варіанти А та Г досягли високої позначки 13,5 %.

Найвищий середній збір крохмалю отримано на контрольному варіанті В (40 т/га гною + $N_{90}P_{60}K_{90}$) – 2,4 т/га, завдяки збалансованому постачанню макроелементів, що забезпечило вищу врожайність біомаси. Варіанти А та Г сформували середній збір на рівні 2,2 т/га, а найнижчий результат зафіксовано на варіанті Б – 2,0 т/га. У 2024 році контроль В забезпечив суттєве зростання збору до 2,9 т/га, що значно перевищувало поріг випадкових відхилень ($НІР_{0,5}$ = 0,8 т/га).

У критичних умовах беззмінної культури (дослід 3) оцінювали чотири схеми живлення: мінерально-сидеральну (Д), суто органічну (Е), базовий контроль (В) та суто мінеральну (Г). Беззмінна культура виявила високу чутливість до форм добрив. Органічна система Е (40 т/га

Таблиця 2

Вміст та збір крохмалю в бульбах картоплі сорту Княгиня залежно від насичення сівозмін картоплею, удобрення та категорії насіння в сівозмінах і монокультурі

Дослід	Варіант	Насичення, %	Удобрення 1	Категорія насіння	На сиру масу							
					вміст крохмалю, %				збір крохмалю, т/га			
					роки							
					2023	2024	2025	середнє	2023	2024	2025	середнє
1	1контроль	20	В	Х	11,8	12,8	11,5	12,0	1,9	2,4	4,6	2,9
	2	50	В	Х	11,3	13,0	11,3	11,8	1,5	2,8	3,0	2,4
	3	100	В	Х	12,3	12,8	11,5	12,2	1,6	1,8	3,4	2,2
	Нір 0,5	-	-	-	0,5	0,6	0,3	-	1,1	0,7	1,1	-
2	1	50	А	Х	11,4	13,5	11,9	12,3	1,7	2,0	3,0	2,2
	2	50	Б	Х	11,3	13,0	11,4	11,9	1,6	2,0	2,5	2,0
	3 контроль	50	В	Х	11,2	13,0	11,3	11,8	1,5	2,9	3,0	2,4
	4	50	Г	Х	11,4	13,5	11,8	12,2	1,7	1,9	3,0	2,2
	Нір 0,5	-	-	-	0,5	0,5	0,8	-	0,7	0,8	1,0	-
3	1	100	Д	Х	11,1	13,5	11,4	12,0	1,1	1,0	3,0	1,7
	2	100	Е	Х	13,4	14,0	11,3	12,9	1,5	1,2	2,6	1,7
	3котроль	100	В	Х	12,6	13,9	11,4	12,5	1,8	1,8	3,1	2,3
	4	100	Г	Х	13,9	13,9	11,5	12,9	1,7	1,7	3,2	2,2
	Нір 0,5	-	-	-	1,9	0,8	0,6	1,0	0,9	0,9	1,0	-
4	1контроль	20	В	Х	11,8	13,9	13,9	12,5	1,9	2,4	4,6	2,9
	2	100	В	Х	12,6	13,6	11,5	12,2	1,6	1,8	3,4	2,2
	3	100	В	Y	13,9	13,9	11,5	12,6	1,3	2,1	4,5	2,6
	Нір 0,5	-	-	-	1,31	0,9	0,5	1,70	1,0	0,8	1,0	-

Примітка: 1. А – 40 т/га гній, солома N30, жито озиме на сидерат N20; Б – N90P60K90, солома N30, жито озиме на сидерат N 20; В – 40 т/га гній, N90P60K90; Г– N90P60K90; Д – N90P60K90, жито озиме на сидерат N20, Е – 40 т/га гній; 2. Х – використання садивного матеріалу впродовж чотирьох років; Y – щорічна заміна садивного матеріалу.

гною) та суто мінеральна Г забезпечили найвищий середній вміст крохмалю – 12,9 %. Контроль В показав 12,5 %, а найменш ефективною виявилася мінерально-сидеральна схема Д – 12,0 %. У 2023 році зафіксовано аномально високий вміст крохмалю на варіантах Г (13,9 %) та Е (13,4 %), що суттєво перекривало $НІР_{0,5}$ = 1,9 %.

Попри високий відсоток вмісту, суто органічна (Е) та мінерально-сидеральна (Д) схеми через різке падіння врожайності в монокультурі забезпечили мінімальний середній збір крохмалю – лише 1,7 т/га. Беззаперечним лідером тут був контроль В (гній + NPK) із показником 2,3 т/га (приріст до варіантів Д та Е становить +0,6 т/га при похибці взаємодії факторів на рівні 0,9–1,0 т/га). Варіант Г утримував позицію на рівні 2,2 т/га.

У досліді 4 порівнювали тривале репродукування насіння без оновлення впродовж 4 років (категорія Х) та варіант із щорічною заміною садивного матеріалу (категорія Y). На беззмінному фоні (100 %) щорічне оновлення насіння (варіант 3, категорія Y) забезпечило вищу середню крохмалистість бульб – 12,6 % проти 12,2 % у насіння тривалого репродукційного використання (категорія Х). Проте абсолютним лідером залишався контроль сівозміни (20 % насичення, категорія Х) за рахунок відсутності фітопатогенного пригнічення ґрунту – 12,5 % у середньому, а в 2024 та 2025 роках цей варіант утримував стабільний максимум вмісту крохмалю на рівні 13,9 %.

Оновлення насіннєвого матеріалу (категорія Y) в умовах монокультури дозволило суттєво підвищити збір крохмалю – з 2,2 т/га (варіант 2, Х) до 2,6 т/га (варіант 3, Y). Цей приріст (+0,4 т/га) є математично доведеним відносно випадкової похибки. Водночас щорічна заміна насіння в монокультурі все одно поступалась варіанту 1 за 20 % насичення, де середній вихід крохмалю досяг абсолютного максимуму – 2,9 т/га, завдяки рекордному збору у 2025 році – 4,6 т/га.

За результатами проведеного математично-статистичного аналізу середніх трирічних даних встановлено наявність стабільного позитивного кореляційного зв'язку між вмістом крохмалю та вмістом сухої речовини в бульбах картоплі сорту Княгиня.

Значення коефіцієнта кореляції Пірсона (r = +0,54) свідчить про помірну (середню) щільність прямого лінійного зв'язку між досліджуваними ознаками (Рис 1). Це підтверджує класичну фізіологічну закономірність, за якої збільшення загальної концентрації сухої речовини в онтогенезі картоплі супроводжується пропорційним посиленням процесів крохмалеутворення, оскільки крохмаль є головною хімічною складовою сухого залишку бульб (становить близько 70–80 % від його маси) [18, 19].

Проте помірний характер зв'язку (а не функціональний r > 0,90) вказує на те, що чинники інтенсифікації (насичення сівозміни, форми добрив та категорія насіння) здатні суттєво зміщувати цей баланс. Зокрема, у досліді 1 за перенасичення сівозміни до 100 % відмічено суперечливу фізіологічну реакцію: вміст крохмалю зріс до 12,2 %, тоді як вміст сухої речовини знизився до 19,6 %.

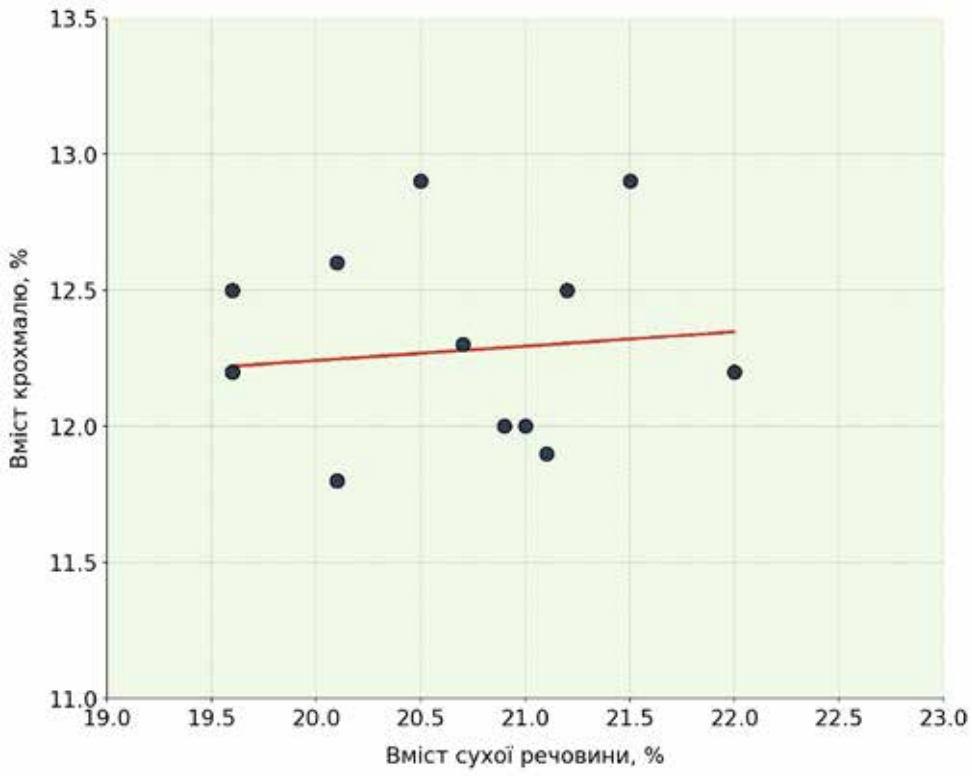


Рис. 1. Залежність між вмістом крохмалю та сухої речовини в бульбах картоплі сорту Княгиня (середнє за 2023–2025 рр.)

Це ймовірно може свідчити про зміну спрямованості ферментативних процесів та вуглеводного метаболізму в умовах беззмінної культури під тиском втоми ґрунту.

Аналогічний розрахунок проведено для валового виходу продукції: коефіцієнт кореляції між збором крохмалю (т/га) та збором сухої речовини (т/га) становить r = +0,89, що вказує на дуже високий (сильний) прямий лінійний зв'язок. Це математично доводить, що обидва показники валового збору майже повністю лімітуються одним головним чинником – загальним рівнем урожайності бульб з одиниці площі, який найбільше знижується за насиченн сівозміни картоплею до 50–100 % та використанні насіння нижчих репродукцій.

Висновки. Збільшення насичення сівозміни картоплею з 20 % до 50–100 % (беззмінна культура) супроводжується фізіологічно обґрунтованим зниженням вмісту сухої речовини в бульбах на 0,9–1,4 % та валового збору сухої речовини і крохмалю на 0,5–1,3 т/га, що не компенсується навіть тенденцією до деякого зростання крохмалистості в монокультурі.

Максимальний валовий вихід сухої речовини (3,7–3,9 т/га) та крохмалю (2,3–2,4 т/га) як у сівозміні, так і в беззмінній культурі, забезпечують органо-мінеральні схеми живлення (гній 40 т/га + $N_{90}P_{60}K_{90}$ або гній + солома + сидерат), які оптимізують баланс між масою вирощеного врожаю та його біохімічною якістю. Суто мінеральні системи добрив сприяють отриманню найвищої концентрації сухої речовини (22,0 %), проте уступають за сумарним збором з гектара.

Щорічне оновлення садивного матеріалу картоплі сорту Княгиня до категорії Y в умовах беззмінної культури є високоефективним заходом, що забезпечує підвищення вмісту сухої речовини на 0,5 %, крохмалю – на 0,4 % та призводить до суттєвого збільшення їхнього валового збору з одиниці площі на 18,1–25,8 % порівняно з використанням насіння нижчих репродукцій.

Встановлено помірний прямий лінійний зв'язок між вмістом крохмалю та сухої речовини в бульбах картоплі (коефіцієнт кореляції Пірсона r = +0,54) та дуже сильний зв'язок між їхнім валовим виходом з одиниці площі (r = +0,89), що підтверджує взаємозалежність цих показників та необхідність їхнього сумісного використання для оцінки біохімічного потенціалу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Лященко С.А., Олійник Т.М., Захарчук Н.А. Технологічні прийоми удобрення картоплі в короткоротаційній сівозміні на супіщаних дерново-підзолистих ґрунтах Полісся України. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво.* 2020. Вип. 67(2). С. 152–169. https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-2-10
2. Ямковий В.Ю., Подберезко І.М., Томаш А.І. Вплив комплексного застосування органічних добрив та біопрепаратів на формування продуктивності картоплі в умовах Південного Полісся України. *Агробіологія*. 2025. № 2. С. 258–267. https://doi.org/10.33245/2310-9270-2025-199-2-258-267
3. Матвійчук Б. В., Орловський М. Й. Характеристика бульб картоплі за різних систем удобрення в умовах

Полісся. *Збірник наукових праць ННЦ Інститут землеробства НААН.* 2022. Вип. 1–2. С. 74–81.
4. Радько Т.В., Радько В.Г. Альтернативне удобрення картоплі в короткоротаційній сівозміні зони Полісся. *Вісник ДАУ*. 2006. Вип. № 1. С. 171–174.
5. Поліщук В.О., Журавель С.В., Кравчук М.М., Залевський Р.А. Ефективність рідких комплексних добрив за різних систем удобрення картоплі в умовах Полісся України. *Наукові горизонти.* 2020. № 08 (93). С. 141–148. https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-93-8-141-148
6. Фурман В.М., Мороз О.С., Люсак А.В., Солодка Т.М. Вивчення реакції картоплі на використання сидератів і соломи в якості добрив *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 129. С. 153–159. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.129.20
7. Wichrowska D., Szczepanek M. Possibility of Limiting Mineral Fertilization in Potato Cultivation by Using Biofertilizer and Its Influence on Protein Content in Potato Tubers. *Agriculture.* 2020. Vol. 10, Iss. 10. Article 442. DOI: https://doi.org/10.3390/agriculture10100442
8. Srećkov Z., Vujasinović V., Mišković A., Mrkonjić Z., Bojović M., Olivera N., Vasić V. Effect of different covering treatments on chemical composition of early potato tubers. *Potato Res.* 2025. Vol. 68. P. 969–990. https://doi.org/10.1007/s11540-024-09747-8
9. Larkin R.P., Honeycutt C.W., Grifn T.S., Olanya O.M., He Z. Potato growth and yield characteristics under different cropping system management strategies in Northeastern U.S. *Agronomy*. 2021. Vol. 11. Article 165. https://doi.org/10.3390/agronomy11010165oogle
10. Blecharczyk A., Kowalczewski P.Ł., Sawinska Z., Rybacki P., Radzikowska-Kujawska D. Impact of crop sequence and fertilization on potato yield in a long-term study. *Plants.* 2023. Vol. 12. Article 495. https://doi.org/10.3390/plants12030495
11. Hemkemeyer M., Sanja A.S., Clara B., Stefan G., Stefanie H., Rainer G.J., Li R., Peter L., Wu X., Florian W. Potato yield and quality are linked to cover crop and soil microbiome, respectively. *Biol. Fertil. Soils*. 2024. Vol. 60. P. 525–545. https://doi.org/10.1007/s00374-024-01813-0
12. Galdón B.R., Rodríguez L.H., Mesa D.R., León H.L., Pérez N.L., Rodríguez E.M.R., Romero C.D. Differentiation of potato cultivars experimentally cultivated based on their chemical composition and by applying linear discriminant analysis. *Food Chem.* 2012. Vol. 133. P. 1241–1248. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.016.
13. Różyło K., Pałys E. The chemical composition of potato tubers and its correlations with the amount of weed infestation depending on the fertilization system and the agronomical category of soil. *Agronomy Science*. 2009. Vol. 64, No. 3. P. 110–119. https://doi.org/10.24326/as.2009.3.12
14. Xie H., Wang W., He P., Ding W., Xu X., Tan X., Liu X. Rotation reshapes sustainable potato production in dryland by reducing environmental footprints synergistically enhancing soil health. 2025. *Resources, Environment and Sustainability*. 2025. Vol. 21. Article 100247. https://doi.org/10.1016/j.resenv.2025.100247
15. Azimi M.A., Jiang Y.F., Meng F.R., Liang K. Yield responses of four common potato cultivars to an industry standard and alternative rotation in Atlantic Canada. *Am. J. Potato Res.* 2022. Vol. 99. P. 206–216. https://doi.org/10.1007/s12230-022-09873-4.
16. Грабар І.Г., Матвійчук Б.В., Матвійчук Н.Г. Синергізм систем живлення за біологізації вирощування картоплі в короткоротаційній сівозміні Полісся. *Таврійський науковий вісник.* 2021. № 117. С. 287–300. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.39
17. Бондарчук А. А., Колтунов В. А., Олійник Т. М. та ін. Картоплярство: Методика дослідної справи. За редакцією А. А. Бондарчука, В. А. Колтунова. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2019. 625 с.
18. Коваль А.В., Ільчук Р.В., Гадзало А.Я., Мартинюк І.В. Біохімічна характеристика сортів картоплі за вирощування в умовах Західного Лісостепу України. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництвою* 2022. Вип. 71(1). С. 110–122. https://doi.org/10.32636/01308521.2022-(71)-1-7
19. Баган А., Сенчук Т., Шакалій С. Формування урожайності та якості бульб картоплі в залежності від маси посадки бульб. *SWorld Journal.* 2022. № *2.* (11-02). С. 93–97. https://doi.org/10.30888/2663-5712.2022-11-02-003

REFERENCES:

1. Liashchenko, S.A., Oliinyk, T.M., Zakharchuk, N.A. (2020). Tekhnolohichni pryiomy udobrennia kartopli v korotkorotatsiinii sivozmini na supishchanykh dernovo-pidzolystykh gruntakh Polissia Ukrainy [Technological methods of potato fertilisation in short rotation crop rotation on sandy sod-podzolic soils of Polissya of Ukraine]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo,* 67(2), 152–169. https://doi.org/10.32636/01308521.2020-(67)-2-10 [in Ukrainian].
2. Yamkovyi, V., Podberezko, I., Tomach A. (2025). Vplyv kompleksnoho zastosuvannia orhanichnykh dobryv ta biopreparativ na formuvannia produktyvnosti kartopli v umovakh Pivdennoho Polissia Ukrainy [The impact of the combined use of organic fertilizers and biological products on potato productivity in the southern Polissia region of Ukraine]. *Ahrobiolohiia,* 2, 258–267. https://doi.org/10.33245/2310-9270-2025-199-2-258-267 [in Ukrainian].
3. Matviichuk, B. V., Orlovskyi, M. Y. (2022). Kharakterystyka bulb kartopli za riznykh system udobrennia v umovakh Polissia [Characteristics of potato tubers under different fertilisation regimes in the Polissya region*]. Zbirnyk naukovykh prats NNTs Instytut zemlerobstva NAAN,* 1–2, 74–81. [in Ukrainian].
4. Radko, T.V., Radko, V.H. (2006). Alternatyvne udobrennia kartopli v korotkorotatsiinii sivozmini zony Polissia [Alternative fertilisation methods for potatoes in the short-rotation grey soil zone of Polissya]. *Visnyk DAU,* 1, 171–174. [in Ukrainian].
5. Polishchuk, V.O., Zhuravel, S.V., Kravchuk, M.M., Zalevskyi, R.A. (2020). Efektyvnist ridkykh kompleksnykh dobryv za riznykh system udobrennia kartopli v umovakh Polissia Ukrainy [Efficiency of liquid complex fertilizers under different potato fertilization systems in Polissya of Ukraine]. *Naukovi horyzonty,* 8(93), 141–148. https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-93-8-141-148 [in Ukrainian].
6. Furman, V.M., Moroz, O.S., Liusak, A.V., Solodka, T.M. (2023). Vyvchennia reaktsii kartopli na vykorystannia syderativ i solomy v yakosti dobryv [Study of potato reaction to the use of green manure and straw as fertilisers]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk,* 129, 53–159. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.129.20 [in Ukrainian].

7. Wichrowska, D., Szczepanek, M. (2020). Possibility of Limiting Mineral Fertilization in Potato Cultivation by Using Bio-fertilizer and Its Influence on Protein Content in Potato Tubers. *Agriculture,* 10(10), 442. DOI: https://doi.org/10.3390/agriculture10100442
8. Srećkov, Z.; Vujasinović, V.; Mišković, A.; Mrkonjić, Z.; Bojović, M.; Olivera, N.; Vasić, V. (2025). Effect of different covering treatments on chemical composition of early potato tubers. *Potato Res.,* 68, 969–990. https://doi.org/10.1007/s11540-024-09747-8
9. Larkin, R.P., Honeycutt, C.W., Grifn, T.S., Olanya, O.M., He, Z. (2021). Potato growth and yield characteristics under different cropping system management strategies in Northeastern U.S. *Agronomy,* 11, 165. https://doi.org/10.3390/agronomy11010165
10. Blecharczyk, A., Kowalczewski, P.Ł.; Sawinska, Z., Rybacki, P., Radzikowska-Kujawska, D. (2023). Impact of crop sequence and fertilization on potato yield in a long-term study. *Plants,* 12, 495. https://doi.org/10.3390/plants12030495
11. Hemkemeyer, M., Sanja, A.S., Clara, B., Stefan, G. Stefanie, H., Rainer, G.J., Li, R., Peter, L., Wu, X., Florian, W. (2024). Potato yield and quality are linked to cover crop and soil microbiome, respectively. *Biol. Fertil. Soil.,* 60, 525–545. https://doi.org/10.1007/s00374-024-01813-0
12. Galdón, B.R., Rodríguez, L.H., Mesa, D.R., León, H.L., Pérez, N.L., Rodríguez, E.M.R., Romero, C.D. (2012). Differentiation of potato cultivars experimentally cultivated based on their chemical composition and by applying linear discriminant analysis. *Food Chem*., 133, 1241–1248. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.016.
12. Różyło, K., Pałys, E. (2009). The chemical composition of potato tubers and its correlations with the amount of weed infestation depending on the fertilization system and the agronomical category of soil. *Agronomy Science,* 64(3), 110–119. https://doi.org/10.24326/as.2009.3.12
13. Xie, H., Wang, W., He, P., Ding, W., Xu, X., Tan, X., Liu, X. (2025). Rotation reshapes sustainable potato production in dryland by reducing environmental footprints synergistically enhancing soil health. *Resources, Environment and Sustainability,* 21, 100247. https://doi.org/10.1016/j.resenv.2025.100247
14. Azimi, M.A., Jiang, Y.F., Meng, F.R., Liang, K. (2022). Yield responses of four common potato cultivars to an industry standard and alternative rotation in Atlantic Canada. *Am. J. Potato Res.,* 99, 206–216. https://doi.org/10.1007/s12230-022-09873-4.
15. Hrabar, I.H., Matviichuk, B.V., Matviichuk, N.H. (2021). Synerhizm system zhyvlennia za biolohizatsii vyroshchuvannia kartopli v korotkorototsiinii sivozmini Polissia [Synergy of nutrition systems in the biologization of potato cultivation in short-rotation crop rotation in Polissya]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk,* 117, 287–300. https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.39 [in Ukrainian].
16. Bondarchuk, A.A., Koltunov, V.A., Oliynik, T.M. et al. (2019). Kartoplyarstvo: Metodika doslidnoyi spravi [Potato growing: Methods of research]. TVORI, Vinnitsya, 625 p. [in Ukrainian].
17. Koval, A.V., Ilchuk, R.V., Hadzalo, A.Ia., Martyniuk, I.V. (2022). Biokhimichna kharakterystyka sortiv kartopli za vyroshchuvannia v umovakh Zakhidnoho Lisostepu Ukrainy [Biochemical characteristics of potato varieties grown in the Western Forest-Steppe region of Ukraine]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo,* 71(1), 110–122. https://doi.org/10.32636/01308521.2022-(71)-1-7 [in Ukrainian].
18. Bagan, A., Senchuk, T., Shakalii, S. (2022). Formuvannia urozhainosti ta yakosti bulb kartopli v zalezhnosti vid masy posadky bulb [Formation of yield and quality of potato tubers depending on the weight of planting tubers]. *SWorldJourna. 2*(11-02), 93–97. https://doi.org/10.30888/2663-5712.2022-11-02-003 [in Ukrainian].

Лященко С.А., Ременюк С.О., Макух Я.П., Доронін В.А. Біохімічний потенціал картоплі сорту Княгиня залежно від факторів інтенсифікації вирощування в сівозмінах і монокультурі

Мета. Обґрунтувати та експериментально оцінити вплив ступеня насичення сівозмін картоплею, різних систем удобрення та рівнів оновлення садивного матеріалу на вміст і валовий збір крохмалю та сухої речовини в бульбах картоплі сорту Княгиня, а також установити математично-статистичні кореляційні закономірності між цими якісними показниками для оптимізації біохімічного потенціалу культури в умовах Південного Полісся України. **Методи.** Польовий експеримент (чотири самостійні досліди в сівозмінах та монокультурі), лабораторні біохімічні методи аналізу бульб картоплі сорту Княгиня (визначення вмісту сухої речовини та крохмалю на сиру масу), розрахунковий метод визначення валового збору речовин з одиниці площі, математично-статистичний метод парної лінійної кореляції Пірсона, дисперсійний аналіз даних за критерієм найменшої істотної різниці ($НІР_{0,5}$). **Результати.** Дослідженнями (2023–2025 рр.) встановлено, що перенасичення структури площ картоплею (сорт Княгиня) з 20 % до 50–100 % супроводжується зниженням концентрації сухої речовини в бульбах на 0,9–1,4 % та сумарного виходу сухої речовини і крохмалю на 0,5–1,3 т/га через кумулятивний ефект втоми ґрунту. Визначено, що органо-мінеральні системи живлення (40 т/га перегною + $N_{90}P_{60}K_{90}$ або солома + сидерат) забезпечують максимальний валовий збір сухої речовини сорту Княгиня (3,7–3,9 т/га) та крохмалю (2,3–2,4 т/га) на всіх фонах вегетації. Суто мінеральні добрива оптимізують вміст сухої речовини до 22,0 %, проте уступають за збором з гектара. Щорічна заміна садивного матеріалу (категорія Y) в монокультурі підвищує вміст сухої речовини на 0,5 %, крохмалю – на 0,4 % та збільшує їхній валовий збір на 18,1–25,8 % порівняно з використанням насіння нижчих репродукцій тривалого використання (категорія X). Доведено наявність помірного прямого зв'язку між вмістом крохмалю та сухої речовини (r = +0,54) та дуже сильного зв'язку між їхнім збором з гектара (r = +0,89). **Висновки.** Для отримання бульб картоплі сорту Княгиня з високими біохімічними параметрами якості та максимальним валовим збором сухих речовин і крохмалю технологічно доцільним є вирощування культури у короткоротаційних сівозмінах із 20 %-м насиченням на тлі органо-мінерального удобрення. В умовах беззмінного вирощування сорту Княгиня обов'язковим елементом оптимізації потенціалу монокультури є щорічне оновлення садивного матеріалу до категорії Y, що дозволяє підвищити біохімічні показники якості врожаю.

Ключові слова: картопля, сівозміна, монокультура, органічні та мінеральні добрива, категорія насіння, суха речовина, вміст крохмалю, кореляція Пірсона.

Liashenko S.A., Remeniuk S.O., Makukh Ya.P., Doronin V.A. Biochemical potential of Knyahynia potato variety depending on intensification factors in crop rotations and monoculture

Purpose. To substantiate and experimentally evaluate the impact of the potato crop rotation saturation degree, various fertilization systems, and planting material renewal levels on the content and total yield of starch and dry matter in potato tubers of Knyahynia variety, as well as to establish mathematical and statistical correlation patterns between these quality parameters to optimize the biochemical potential of the crop under the conditions of the Southern Polissia of Ukraine. **Methods.** Field experiment (four independent trials in crop rotations and monoculture), laboratory biochemical methods for analyzing potato tubers of Knyahynia variety (determination of dry matter and starch content on a wet weight basis), calculation method for determining the total yield of substances per unit area, mathematical and statistical method of Pearson's pairwise linear correlation, and variance analysis of data based on the least significant difference criterion ($LSD_{0.5}$). **Results.** Research (2023–2025) established that over-saturation of the area structure with potatoes (Knyaginya variety) from 20 % to 50–100 % is accompanied by a decrease in dry matter concentration in tubers by 0.9–1.4 % and a total output of dry matter and starch by 0.5–1.3 t/ha due to the cumulative effect of soil fatigue It was determined that organo-mineral fertilization systems (40 t/ha of humus + $N_{90}P_{60}K_{90}$ or straw + green manure) ensure the maximum gross yield of dry matter (3.7–3.9 t/ha) and starch (2.3–2.4 t/ha) for the Knyaginya variety under all growing conditions. Pure mineral fertilizers optimize the dry matter content up to 22.0 %, but are inferior in terms of yield per hectare. Annual renewal of planting material (category Y) in monoculture increases dry matter content by 0.5 %, starch by 0.4 %, and increases their total yield by 18.1–25.8 % compared to using lower reproduction seeds of long-term use (category X). The presence of a moderate direct relationship between starch and dry matter content (r = +0.54) and a very strong relationship between their yield per hectare (r = +0.89) was proven. **Conclusions.** To obtain potato tubers of Knyahynia variety with high biochemical quality parameters and maximum total yield of dry matter and starch, it is technologically feasible to grow the crop in short-rotation crop rotations with 20 % saturation against the background of organo-mineral fertilization. Under conditions of continuous cultivation of the Knyaginya variety, an essential element in optimizing the potential of a monoculture is the annual renewal of planting stock to Category Y, which improves the biochemical quality indicators of the crop.

Key words: potato, crop rotation, monoculture, organic and mineral fertilizers, seed category, dry matter, starch content, Pearson correlation.

Дата першого надходження статті до видання: 02.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 635.63:581.132:631.674.6(477.7)
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.18

ФОРМУВАННЯ ПЛОЩІ ЛИСТКОВОЇ ПОВЕРХНІ, ФОТОСИНТЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ТА ВРОЖАЙНОСТІ ГІБРИДІВ ОГІРКА ЗА КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ В ПІВДЕННОМУ СТЕПУ УКРАЇНИ

МЕДОНЧАК О.В. – аспірант
orcid.org/0009-0007-1065-7558
Миколаївський національний аграрний університет
ХОНЕНКО Л.Г. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0002-5365-8768
Миколаївський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Огірок посівний (*Cucumis sativus* L.) є однією з основних овочевих культур, попит на яку в Україні зберігається стабільно високим упродовж усього року. У південних областях країни основним способом його вирощування у відкритому ґрунті є краплинне зрошення, оскільки без штучного зволоження отримати конкурентоспроможний урожай тут практично неможливо. Проте останні десятиліття позначилися помітною зміною погодних умов регіону: подовжилися бездощові періоди, зросла кількість днів із критично високими температурами, а гідротермічний коефіцієнт дедалі частіше опускається нижче межі, за якою рослини зазнають вираженого теплового й водного стресів.

Кінцевий збір плодів огірка безпосередньо залежить від того, наскільки потужним і тривалим буде сформовано листковий апарат посіву та як ефективно він здатен перетворювати поглинуту енергію на господарсько цінну продукцію. Тому оцінка площі листкової поверхні, тривалості її активної роботи, фотосинтетичного потенціалу й коефіцієнта використання листків набуває першочергового практичного значення. За умов, коли навіть регулярні поливи не знімають повністю навантаження від перегріву та повітряної посухи, актуальним стає пошук таких заходів, які підтримували б функціональну активність рослин і забезпечували перерозподіл асимілятів на користь плодоношення. До них належать сучасні біопрепарати та хелатні мікродобрива, а також обґрунтований добір гібридів із високою адаптивністю.

Не менш важливо, що самé лише збільшення листкового апарату не гарантує пропорційного зростання врожаю. За несприятливого співвідношення між донорною (листки) і акцепторною (плоди) сферами рослина може нарощувати вегетативні органи на шкоду генеративним, тому в практичному овочівництві потрібні кількісні орієнтири, які пов'язують параметри асиміляційного апарату з фактичною продуктивністю конкретних гібридів за певних погодних умов. Саме брак таких підходів для зрошуваного огірка в Степу й визначає прикладну значущість цієї роботи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Роль листкового апарату у формуванні врожаю овочевих культур розглядають у численних дослідженнях. Для огірка за краплинного зрошення встановлено, що найвищі значення індексу листкової поверхні (LAI) досягаються не за повного, а за помірно обмеженого водозабезпечення: за режиму, що відповідає 85% польової вологоємності, LAI сягав 3,21 м²/м², тоді як повний полив не забезпечував додаткового приросту площі листків [1]. Оптимальний для фотосинтезу й продуктивності огірка діапазон LAI у захищеному ґрунті визначено на рівні, за якого нижні яруси листків ще не потрапляють у суцільне взаємне затінення [2]. Водночас надмірне наростання листкової маси на ранніх фазах здатне навіть знижувати кінцевий збір плодів через перерозподіл ресурсів на вегетативний ріст [3].

Дефіцит вологи й підвищені температури закономірно зменшують площу листків, інтенсивність фотосинтезу та, як наслідок, урожайність огірка, причому реакція різних сортів і гібридів на стрес неоднакова [4, 5]. Вітчизняні автори підтверджують, що продуктивність культури значною мірою зумовлена генотипом та погодними умовами вегетації [6], а клімат є одним із головних чинників формування врожаю овочів в Україні [7]. Позитивний вплив біологічно активних препаратів і мікроелементів на ростові процеси, енергію проростання, засвоєння азоту та формування структурних елементів урожаю огірка визначено рядом авторів [8–11]. Ефективність органічних, гумінових і нанодобрив у поліпшенні живлення культури також підтверджено експериментальними дослідженнями [12, 13]. Господарську цінність сучасних партенокарпічних гібридів огірка та зонально адаптовані технологічні заходи в овочівництві висвітлено у працях селекціонерів і технологів [14, 15].

Разом із тим більшість даних наведених досліджень або зосереджені на окремому чиннику – режимі зрошення, сорті чи виді добрива, або виконані в умовах захищеного ґрунту, що не дає змоги прямо перенести їхні висновки на польове виробництво огірка в посушливому Степу. Практично поза увагою залишається питання про те, як саме співвідносяться між собою площа листків, тривалість їх роботи та питома віддача за одночасної взаємодії гібрида, біопрепарату й мікродобрива, і який із цих показників найнадійніше прогнозує кінцевий урожай у роки з різким контрастом зволоження. Саме на

© Медончак О.В., Хоненко Л.Г., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

з'ясування цих зв'язків і спрямовано дану публікацію.

Попри значний обсяг накопичених даних, комплексного вивчення добору гібрида, біопрепарату й мікродобрива, що одночасно впливає на площу листкової поверхні, коефіцієнт її використання, фотосинтетичний потенціал і врожайність плодів огірка за краплинного зрошення у Південному Степу України, досі бракує. Особливо мало відомостей про відмінності цих показників у роки з контрастними гідротермічними умовами, коли важливо розмежувати внесок кліматичного та агротехнічного чинників.

Метою статті є визначення закономірностей формування площі листкової поверхні, фотосинтетичного потенціалу, коефіцієнта використання листкового апарату та врожайності гібридів огірка Кібрія F1 і Мадейра F1 залежно від застосування біопрепаратів і мікродобрив за краплинного зрошення в умовах Південного Степу України, а також в обґрунтуванні більш доцільного поєднання цих елементів технології для періодів вегетації із неоднаковим рівнем зволоження.

Матеріали та методика досліджень. Польовий дослід проводили впродовж 2023–2025 рр. у Навчально-науково-практичному центрі (ННПЦ) Миколаївського національного аграрного університету (МНАУ). Схемою передбачили одночасне вивчення чотирьох чинників. Фактором А слугував гібрид огірка (Кібрія F1 та Мадейра F1), фактором В – біопрепарат (без обробки – контроль, Азотофіт, Органік-баланс), фактором С – мікродобриво (без внесення – контроль, Росток огірки, Квантум ПЛАТИНУМ) та фактор D – стандарт вибірки, або режим збирання плодів (SS – пікулі, LS – корнішони, TR – зеленці). Рослини розміщували за схемою 200×26,5 см, що відповідає густоті 20300 шт./га; сезонна поливна норма за краплинного зрошення становила 4100–4400 м³/га.

Площу листкової поверхні визначали розрахунково-ваговим методом із перерахунком на одиницю площі посіву (тис. м²/га). Фотосинтетичний потенціал обчислювали як добуток середньої за вегетацію площі листків на тривалість їх активного функціонування, яка за роками становила 62, 55 і 58 діб відповідно. Коефіцієнт використання листкової поверхні розраховували як відношення врожайності плодів до площі листків (т/тис. м²/га). Урожайність обліковували за трьома товарними стандартами – пікулі (SS), корнішони (LS) і зеленці (TR) – з подальшим підсумовуванням. Тісноту зв'язку між ознаками оцінювали методами кореляційного аналізу. Погодні умови років в період вегетації різнилися: 2023-й був відносно сприятливим (ГТК 0,48–0,52), 2024-й – екстремально посушливим і спекотним (ГТК 0,25–0,28, максимум +41,6°С), 2025-й – помірно посушливим (ГТК 0,32–0,38, максимум +39,6°С).

Спостереження та обліки проводили в динаміці відповідно до основних фаз розвитку рослин, а показники асиміляційного апарату аналізували у взаємозв'язку з підсумковою врожайністю кожного варіанта досліду. Для кількісної характеристики залежності площі листків від погодних умов використовували коефіцієнт кліматичної чутливості, що характеризує відносну зміну листкової поверхні на одиницю зміни гідротермічного коефіцієнта. Порівняння гібридів, біопрепаратів і мікродобрив виконували за середніми по варіантах і по факторах значеннями, а також за розмахом ознак між крайніми показниками варіантів, що дало змогу розмежувати внесок кліматичного та агротехнічного чинників у формування продуктивності посіву.

Результати дослідженнь. Аналіз трирічних даних показав, що абсолютний рівень площі листкової поверхні огірка формується насамперед під тиском погодних умов вегетації, тоді як засоби живлення виконують роль коригувального чинника. Найбільший листковий апарат обидва гібриди формували у сприятливому 2023 р., а найменший – у посушливому 2024 р.

Наростання листкової поверхні впродовж вегетації мало типовий S-подібний характер із чотирма послідовними фазами. У перші три тижні після сходів рослини нарощували переважно кореневу систему, а площа листків залишалася незначною. У фазі активного росту (4–6-й тижні) вона збільшувалася майже лінійно, після чого на 7–10-му тижнях досягала максимуму, який збігався з початком і масовим ходом плодоношення. У кращому за живленням варіанті (Органік-баланс + Квантум ПЛАТИНУМ) площа листків гібриду Кібрія F1 знижувалася з 35,91 до 26,29 тис. м²/га, тобто на 26%, а у гібриду Мадейра F1 – з 33,85 до 24,78 тис. м²/га (табл. 1).

Розрахований коефіцієнт кліматичної чутливості листкового апарату склав біля 9–11% на кожні 0,1 одиниці ГТК, що дещо менше за відповідного показника для врожайності й пояснюється частковою адаптацією листків через зменшення їхнього розміру та ущільнення хлоропластів.

Різниця між максимальним і мінімальним рівнями площі листків становила 12,62 тис. м²/га у гібриду Кібрія F1 та 11,90 тис. м²/га у гібриду Мадейра F1, що в обох випадках відповідає 54,2%. Практично повний збіг відносного розмаху свідчить про однотипну структуру реакції листкового апарату на несприятливі умови незалежно від генотипу. У 2025 р. площа листків досягала до 84–85% рівня 2023-го, тобто краплинне зрошення за помірної посухи спрацювало як частковий буфер, стримавши повторний спад, характерний для 2024 р. Внесок окремих агрозаходів був стабільним: перехід від контролю до Органік-балансу збільшував площу листків у середньому на 7,0–7,7%, а застосування Квантум ПЛАТИНУМ додавало ще 5,5–5,6%. Позитивна дія бактеріального препарату зумовлена синтезом ауксинів штамами *Azospirillum brasilense*, що прискорюють розтягнення клітин мезофілу, та поліпшенням азотного живлення за участю *Bacillus subtilis*; хелатні мікродобрива цинк і марганець, у свою чергу, є кофакторами синтезу ауксинів і компонентами фотосистеми II.

Порівняння гібридів виявило стійку генотипову особливість: рослини гібриду Кібрія F1 формували на 5–8% більшу площу листків завдяки крупнішій листковій пластинці, і ця перевага не нівелювалася агрофоном. Проте більший листковий апарат не забезпечував формування пропорційно вищого збору плодів. Основою до розуміння цієї невідповідності слугує коефіцієнт використання листкової поверхні, який відображає, скільки продукції припадає на одиницю площі листків.

Найпоказовішим виявився обернений зв'язок між абсолютною площею листків і ефективністю її використання

Таблиця 1

Площа листкової поверхні огірка у фазу масового плодоношення залежно від гібрида, року вирощування та засобів обробки, тис. м²/га

Гібрид (фактор А)	Засоби обробки (фактори Б + С)	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє за 2023-2025 рр.
Кібрія F1	контроль – обробка водою	31,81	23,29	26,98	27,36
	Азотофіт + Росток огірки	33,60	24,59	28,50	28,90
	Органік-баланс + Квантум ПЛАТИНУМ	35,91	26,29	30,46	30,89
	Середнє по гібриду	33,76	24,71	28,64	29,03
Мадейра F1	контроль – обробка водою	29,98	21,95	25,43	25,79
	Азотофіт + Росток огірки	31,65	23,18	26,86	27,23
	Органік-баланс + Квантум ПЛАТИНУМ	33,85	24,78	28,71	29,11
	Середнє по гібриду	31,81	23,29	26,98	27,25

Примітка. Складено за результатами власних досліджень.

Таблиця 2

Коефіцієнт використання площі листкової поверхні огірка залежно від гібрида, року вирощування та засобів обробки, т/тис. м²/га

Гібрид (фактор А)	Засоби обробки (фактори Б + С)	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє за 2023-2025 рр.
Кібрія F1	контроль – обробка водою	1,273	1,089	0,989	1,128
	Азотофіт + Росток огірки	1,396	1,213	1,099	1,246
	Органік-баланс + Квантум ПЛАТИНУМ	1,472	1,345	1,217	1,352
	Середнє по гібриду	1,376	1,213	1,099	1,239
Мадейра F1	контроль – обробка водою	1,505	1,342	1,217	1,364
	Азотофіт + Росток огірки	1,603	1,492	1,325	1,480
	Органік-баланс + Квантум ПЛАТИНУМ	1,712	1,623	1,471	1,607
	Середнє по гібриду	1,603	1,484	1,343	1,490

Примітка. КВП = врожайність плодів / площа листкової поверхні. Складено за результатами власних досліджень.

у розрізі років. У гібриду Кібрія F1 найвищий середній коефіцієнт (1,376 т/тис. м²/га) визначено саме у 2023 р. з максимальною площею листкового апарату, а в 2025 р. за меншої площі листків – він знижувався до 1,099 т/тис. м²/га, хоча в окремих варіантах наближався до рівня сприятливого сезону. Зумовлено це переважаням вегетативного споживання асимілятів: за достатнього зволоження партенокарпічні гібриди спрямовують до чверті продуктів фотосинтезу на утворення нових листків і пагонів, тимчасом як за помірного водного дефіциту рослина перерозподіляє їх на користь плодів (табл. 2).

Отже, сприятливий рік забезпечив найбільшу площу листкової поверхні, але не найвищу питому віддачу.

Стабільною ознакою впродовж усіх трьох років вирощування була перевага гібриду Мадейра F1 за коефіцієнтом використання листків – у середньому на 16–22% залежно від варіанта й року. За контрольного фону вона переважала гібрид Кібрія F1 на 0,238 т/тис. м²/га, за оптимального – на 0,257 т/тис. м²/га. Показово, що в найжорсткіших умовах 2024 р. відносна перевага гібриду Мадейра навіть зростала, а розмах коефіцієнта між варіантами розширювався до 0,281 т/тис. м²/га проти 0,256 у гібриду Кібрія. Це прямо вказує на антистресову функцію препаратів: за дефіциту вологи вони не лише частково компенсують втрату листкового апарату, а й розблоковують ефективність її площі використання через активацію ауксинового та цитокінінового сигналінгу у флоемі. Таким чином, гібриди реалізують різні донорно-акцепторні стратегії – гібрид Кібрія F1 тяжіє до вегетативної (масивний листковий апарат), а гібрид Мадейра F1 – до репродуктивної (компактні, але ефективні листки).

Завершальна фаза супроводжувалася поступовим спадом площі листків через відмирання нижніх ярусів. Саме тривалість третьої фази й швидкість переходу до четвертої визначали, наскільки довго посів утримував високу асиміляційну активність, і саме на цих етапах найпомітніше проявлялася підтримувальна дія біопрепаратів і мікродобрив, які відтерміновували старіння листкового апарату.

Інтегральним відображенням роботи листкового апарату є фотосинтетичний потенціал посіву, який поєднує абсолютну площу листків із тривалістю їх функціонування (табл. 3).

Оскільки в стресовому сезоні одночасно зменшується і площа листків, і період їх активної роботи, розмах цього показника між роками перевищує коливання самої лише листкової поверхні. Максимальним значення фотосинтетичного потенціалу (2226 тис. м²·діб/га) отримано у 2023 р. у гібриду Кібрія F1 за поєднання Органік-балансу з Квантум ПЛАТИНУМ, а мінімальне

(1207 тис. м²·діб/га) – у 2024 р. у гібриду Мадейра F1 без застосування препаратів. Різниця між ними склала 84,4%. Таке істотне зменшення зумовлене поєднаною дією двох процесів: скороченням площі листкової поверхні на 27–35% та зменшенням тривалості активного функціонування листкового апарату на сім діб через прискорене відмирання нижніх листків в умовах теплового стресу. У 2025 р. потенціал частково відновився, досягнувши 72–79% від рівня 2023 р. Кореляційний аналіз підтвердив тісний позитивний зв'язок фотосинтетичного потенціалу з урожайністю (r = 0,91–0,96 залежно від гібрида), що дає підстави розглядати цей показник як надійний інтегральний індикатор продуктивності посіву.

Зіставлення чутливості окремих ознак до фону погодних умов виявило важливу для практики відмінність. Площа листків реагувала на зниження гідротермічного коефіцієнта дещо слабкіше (9–11% на 0,1 одиниці ГТК), ніж урожайність, оскільки листки частково пристосовуються до нестачі вологи через зменшення розміру та ущільнення тканин. Натомість фотосинтетичний потенціал знижувався найрізкіше, адже до втрати площі листків додавалося скорочення періоду їх активної роботи. Це означає, що в посушливі роки саме тривалість функціонування листкового апарату, а не лише його розмір, стає лімітуючим чинником продуктивності, а підтримання листків у зеленому стані якомога довше набуває вирішального значення. Роль краплинного зрошення при цьому подвійна: за помірної посухи воно ефективно буферує посів, утримуючи площу листків на рівні біля 85% сприятливого сезону, тоді як за екстремальних температур його буферна здатність істотно послаблюється і на перший план виходять біологізовані засоби живлення.

Закономірності, виявлені для асиміляційного апарату, послідовно позначилися й на кінцевому результаті – зборі плодів. Урожайність, усереднену за три роки й усіма товарними фракціями, наведено в таблиці 4.

Вона зростала в міру оптимізації технології, гібрид Мадейра F1 за кожним варіантом переважав гібрид Кібрія F1. За трирічними даними найменше плодів забезпечив абсолютний контроль гібриду Кібрія F1 (30,85 т/га), а найвищий – поєднання гібриду Мадейра F1 з Органік-балансом і Квантум ПЛАТИНУМ (46,79 т/га); різниця між крайніми варіантами сягнула майже 16 т/га. Серед біопрепаратів найвищу ефективність продемонстрував Органік-баланс, застосування якого забезпечило підвищення врожайності гібриду Кібріїя F1 з 33,79 до 38,13 т/га, а гібриду Мадейра F1 – з 38,27 до 43,03 т/га. Серед мікродобрив найкращі результати отримано за використання мікродобрива Квантум ПЛАТИНУМ, за якого врожайність зросла до 39,14 та 43,86 т/га відповідно. Водночас встановлено, що варіант із максимальним фотосинтетичним потенціалом (гібрид Кібрія F1, 2023 р.) не забезпечив

Таблиця 3

Фотосинтетичний потенціал посіву огірка залежно від гібрида, року вирощування та засобів обробки, тис. м²·діб/га

Гібрид (фактор А)	Засоби обробки (фактори Б + С)	2023 р.	2024 р.	2025 р.	Середнє за 2023-2025 рр.
Кібрія F1	контроль – обробка водою	1972	1281	1565	1606
	Азотофіт + Росток огірки	2083	1352	1653	1696
	Органік-баланс + Квантум ПЛАТИНУМ	2226	1446	1767	1813
Мадейра F1	контроль – обробка водою	1859	1207	1475	1514
	Азотофіт + Росток огірки	1962	1275	1558	1598
	Органік-баланс + Квантум ПЛАТИНУМ	2099	1363	1665	1709

Примітка. ФП = середня площа листкової поверхні × тривалість активного листостояння (2023 р. – 62 доби, 2024 р. – 55 діб, 2025 р. – 58 діб). Складено за результатами власних досліджень.

Таблиця 4

Загальна середня врожайність плодів огірка (SS+LS+TR) за 2023–2025 рр. залежно від досліджуваних факторів, т/га

Гібрид (фактор А)	Біопрепарат (фактори Б)	Мікродобриво (фактор С)			Середнє за 2023-2025 рр.
		контроль	Росток огірки	Квантум ПЛАТИНУМ	
Кібрія F1	контроль – обробка водою	30,850	33,983	36,535	33,786
	Азотофіт	32,821	36,011	39,128	35,982
	Органік-баланс	34,223	38,420	41,757	38,130
Середнє по гібриду		32,630	36,139	39,138	35,969
Мадейра F1	контроль – обробка водою	35,175	38,501	41,136	38,267
	Азотофіт	37,450	40,311	43,650	40,550
	Органік-баланс	39,181	43,125	46,792	43,026
Середнє по гібриду		37,267	40,729	43,859	40,612

Примітка. Складено за результатами власних досліджень.

найвищої врожайності. Найвищі показники продуктивності сформував гібрид Мадейра F1, який, незважаючи на менший розвиток листкового апарату, ефективніше використовував асиміляти для формування врожаю плодів. Це підтверджує висновок, що оптимальним є не максимізація площі листків, а баланс між нею та коефіцієнтом її роботи впродовж вегетації.

Розподіл урожаю за товарними фракціями засвідчив, що в усі роки основну частку валового збору формували зеленці (TR), дещо меншою була віддача корнішонів (LS), а найнижчою – ранніх пікулів (SS). За трирічного усереднення збір фракції SS становив 28,48 т/га у гібриду Кібрія F1 і 33,14 т/га у гібриду Мадейра F1, фракції LS – відповідно 35,54 і 40,02 т/га, фракції TR – 43,90 і 48,68 т/га (табл. 5).

Характерно, що саме дрібна рання фракція виявилася найчутливішою до погодного стресу й найсильніше просідала у 2024 р., тоді як велика фракція зеленців була інерційнішою й навіть за екстремальних умов лишалася основою врожаю. Це узгоджується з динамікою асиміляційного апарату: рання продукція формується у період, коли листковий апарат ще наростає і найвразливіший до перегріву, а крупні плоди наливаються за вже сформованого фотосинтетичного потенціалу. Окремої уваги заслуговує поведінка показників у більш жорсткому за метереологічними показниками 2024 році. Попри збереження загальної ієрархії варіантів, абсолютні значення площі листків, фотосинтетичного потенціалу та врожайності знизилися на третину й більше. Водночас відносна ефективність досліджуваних препаратів у цих умовах не лише не знизилася, а й зросла. Так, приріст урожайності за застосування Квантум ПЛАТИНУМ у гібрида Мадейра F1 збільшився з 13,7% у сприятливому 2023 р. до 15,3% у посушливому 2025 р., а діапазон значень коефіцієнта використання площі листкової поверхні між варіантами розширився до 0,281 т/тис. м²/га.

Динаміка врожайності за роками (табл. 6) засвідчила стабільність генотипової переваги гібрида Мадейра F1, який перевищував гібрид Кібрія F1 за врожайністю на 4,55 т/га у 2023 р., на 4,56 т/га у 2024 р. та на 4,80 т/га у 2025 р.; у середньому перевага становила 4,64 т/га, або 12,9%.

Найменша відносна перевага у сприятливих умовах та найбільша – за посушливих умов вегетації свідчать про вищу екологічну пластичність гібрида Мадейра F1, його здатність підтримувати стабільний рівень продукційного процесу за несприятливих погодних умов та ефективніше використовувати поливну воду й елементи живлення.

Отримані результати свідчать, що в умовах дефіциту вологи та підвищеного теплового навантаження біологізовані елементи технології виконують насамперед стабілізувальну функцію, частково компенсуючи негативний вплив абіотичних чинників і забезпечуючи підтримання продукційного процесу.

Практичне значення виявленого антагонізму між площею листкової поверхні та коефіцієнтом її використання полягає в тому, що вибір гібрида та системи живлення доцільно орієнтувати не на максимальне нарощування вегетативної маси, а на підвищення продуктивності кожної одиниці листкової поверхні. У цьому контексті гібрид Мадейра F1, для якого характерна «репродуктивна» стратегія формування врожаю, краще відповідає умовам зрошуваного виробництва в Степу, ніж більш облиствлений гібрид Кібрія F1. Застосування біопрепарату Органік-баланс і мікродобрива Квантум ПЛАТИНУМ посилює цю перевагу, оскільки сприяє одночасно підтриманню формування та функціонування листкового апарату й ефективнішому транспортуванню асимілятів до плодів. Саме тому їх комплексне застосування на гібриді Мадейра F1 забезпечувало найбільш узгоджений результат за сукупністю досліджуваних показників – від формування площі листкової поверхні до рівня підсумкової врожайності.

Таблиця 5

Середня врожайність огірка за товарними фракціями (середнє за 2023–2025 рр.), т/га

Товарна фракція плодів (фактор С)	Гібрид (фактор А)		Різниця М–К, т/га (%)
	Кібрія F1(К)	Мадейра F1 (М)	
Пікулі (SS)	28,48	33,14	+4,67 (16,4)
Корнішони (LS)	35,54	40,02	+4,48 (12,6)
Зеленці (TR)	43,90	48,68	+4,78 (10,9)
Разом (SS+LS+TR)	35,97	40,61	+4,64 (12,9)

Примітка. Складено за результатами власних досліджень.

Таблиця 6

Динаміка загальної середньої врожайності плодів огірка по гібридах і роках вирощування, т/га

Рік (характеристика сезону)	Кібрія F1	Мадейра F1	Різниця М–К, т/га (%)	ГТК сезону
2023 (сприятливий)	46,45	51,00	+4,55 (9,8)	0,48–0,52
2024 (екстремальна посуха)	29,99	34,55	+4,56 (15,2)	0,25–0,28
2025 (помірна посуха)	31,48	36,28	+4,80 (15,2)	0,32–0,38
2023–2025 (середнє)	35,97	40,61	+4,64 (12,9)	–

Примітка. Середнє по всіх варіантах досліду. ГТК – гідротермічний коефіцієнт. Складено за результатами власних досліджень.

Характер відновлення показників у 2025 році заслуговує на окрему увагу з погляду прогнозування. Після різкого спаду 2024 р. рослини не повернулися до рівня сприятливого сезону, але й не залишилися на кризовій позначці, а зайняли проміжне становище, причому темпи відновлення листкового апарату та врожайності були близькими. Це свідчить про здатність партенокарпічних гібридів огірка до адаптивного відновлення за помірного стресу й підтверджує, що послідовність несприятливих років не призводить до кумулятивного виснаження посіву за умови збереження краплинного зрошення й біологізованого живлення. Для виробництва це означає, що навіть у нестабільних кліматичних умовах Степу запропонована технологічна модель забезпечує передбачуваний і відносно стійкий рівень формування плодів.

Отже, дані наведені у таблицях складаються в узгоджену картину. Кліматичний чинник домінує над агротехнічним за впливом на абсолютну величину площі листків і фотосинтетичного потенціалу, проте саме препарати визначають, наскільки повно наявний листковий апарат здатен реалізуватись в урожаї, причому їхня роль посилюється у стресові роки. Компактний, але високоефективний листковий апарат гібриду Мадейра F1 у поєднанні з біологізованою системою живлення характеризується продуктивнішим за стратегію нарощування максимальної листкової поверхні.

Узагальнюючи результати трирічного досліду, можна виокремити кілька стійких закономірностей. По-перше, різниця між роками за площею листків (понад 50%) багаторазово перевищувала ефект найоптимальнішої системи живлення (12–13%), тобто погодні умови залишаються головним регулятором розміру асиміляційного апарату, а краплинне зрошення лише пом'якшує, але не усуває його коливань. По-друге, у стресовому сезоні провідну роль перебирає агротехнічний чинник: саме за дефіциту вологи препарати найпомітніше підвищували коефіцієнт використання листків, тобто «розблоковували» ефективність уже сформованої листкової поверхні. По-третє, гібриди стійко посідали різні якісні ніші – Кібрія F1 з більшою, але менш продуктивною листковою масою та Мадейра F1 з компактним, але ефективнішим апаратом. Нарешті, спільне застосування біопрепарату й мікродобрива давало мультиплікативний ефект, одночасно збільшуючи площу листків і підвищуючи віддачу кожної її одиниці, що й забезпечувало найвищий підсумковий збір плодів.

Висновки. Абсолютні значення площі листкової поверхні огірка у відкритому ґрунті визначалися переважно гідротермічними умовами вегетаційного періоду, із чутливістю близько 9–11% на кожні 0,1 одиниці гідротермічного коефіцієнта (ГТК). Найбільшу площу листкової поверхні обидва гібриди сформували у 2023 р. (35,91 і 33,85 тис. м²/га), найменшу – у 2024 р. (23,29 і 21,95 тис. м²/га); міжрічна амплітуда змін становила 54,2%. За умов помірної посухи у 2025 р. краплинне зрошення забезпечувало підтримання площі листкового апарату на рівні близько 85% від показників сприятливого 2023 р.

Уперше для умов Південного Степу України встановлено зворотний зв'язок між площею листкової поверхні та ефективністю її використання в різні за гідротермічними умовами роки. Максимальна площа листків, сформована у 2023 р., поєднувалася з нижчою питомою продуктивністю внаслідок переважання вегетативного використання асимілятів за оптимального зволоження, тоді як помірний водний дефіцит у 2025 р. підвищував ефективність функціонування меншого за площею листкового апарату.

Гібрид Мадейра F1 формував на 5–8% меншу площу листкової поверхні, ніж гібрид Кібрія F1, проте переважав його за коефіцієнтом використання листкової поверхні на 16–22%. Це свідчить про відмінності у донорно-акцепторних стратегіях гібридів: переважно вегетативній у Кібрії F1 та репродуктивній у Мадейри F1. В умовах нестабільного зволоження Південного Степу України агрономічно доцільнішим є використання гібрида Мадейра F1.

Застосування біопрепарату Органік-баланс і мікродобрива Квантум ПЛАТИНУМ стабільно поліпшувало показники розвитку листкового апарату та його функціональної ефективності. Органік-баланс збільшував площу листкової поверхні на 7,0–7,7%, Квантум ПЛАТИНУМ – додатково на 5,5–5,6%, а їх поєднання забезпечувало сумарний приріст площі листків на 12–13% і коефіцієнта використання листкової поверхні – на 14–21%. Найбільш виражений антистресовий ефект препаратів проявлявся в умовах посушливого 2024 р.

Фотосинтетичний потенціал посівів варіював від 1207 до 2226 тис. м²·діб/га, або на 84,4%, залежно від погодних умов, гібрида та технологічних чинників. Високий кореляційний зв'язок цього показника з урожайністю (r = 0,91–0,96) підтверджує його придатність як інтегрального критерію оцінки продуктивності посівів огірка.

Найвищу середню за три роки врожайність плодів (46,79 т/га) забезпечило поєднання гібрида Мадейра F1 із біопрепаратом Органік-баланс та мікродобривом Квантум ПЛАТИНУМ. За цих умов сформувалися площа листкової поверхні 29,11 тис. м²/га та коефіцієнт її використання 1,607 т/тис. м²/га, що забезпечило найефективнішу реалізацію продукційного потенціалу рослин.

Наукова новизна полягає в експериментальному обґрунтуванні того, що за вирощування огірка на краплинному зрошенні в умовах Південного Степу України більш ефективною є стратегія формування не максимальної площі листкового апарату, а компактного високопродуктивного листкового апарату з високою ефективністю використання асиміляційної поверхні у поєднанні із застосуванням біопрепарату Органік-баланс та мікродобрива Квантум ПЛАТИНУМ.

Перспективи подальших досліджень полягають у проведенні економічної та енергетичної оцінки запропонованої технологічної моделі вирощування огірка на краплинному зрошенні в умовах Південного Степу України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Leaf area index assessment for tomato and cucumber growing period under different water treatments / S. A. A. Mamun Hossain, L. Wang, T. Chen, Z. Li. *Plant, Soil and Environment*. 2017. Vol. 63, № 10. P. 461–467. https://doi.org/10.17221/568/2017-PSE
2. Xiaolei S., Zhifeng W. The optimal leaf area index for cucumber photosynthesis and production in plastic greenhouse. *Acta Horticulturae*. 2004.

Vol. 633. P. 161–165. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.633.19
3. Screening a cucumber crop during leaf area development reduces yield / H.-P. Kläring, Y. Klopotek, U. Schmidt, H.-J. Tantau. *Annals of Applied Biology*. 2012. Vol. 161, No. 2. P. 161–168. https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2012.00560.x
4. Рожко І. І., Сиплива Н. О., Кулик М. І., Гайдай А. О. Урожайність сортів огірка посівного (*Cucumis sativus* L.) залежно від умов вирощування. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2024. № 140. С. 204–213. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.27
5. Божко Л. Ю. Клімат і продуктивність овочевих культур в Україні : монографія. Одеса : Екологія, 2010. 365 с.
6. Наукові, методологічні та практичні підходи до проблем сучасної агрономії : монографія / О. І. Улянич, Г. М. Господаренко та ін. Дніпро : Середняк Т. К., 2021. 452 с.
7. Пищаленко М. А., Усенко С. С. Особливості впливу біопрепаратів при замочуванні на енергію проростання та схожість насіння огірків. *Хімія, біотехнологія, екологія та освіта* : зб. матеріалів VI міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. Полтава, 2022. С. 229–232. URL: https://dspace.pdau.edu.ua/handle/123456789/15514 (дата звернення: 17.08.2026).
8. Вдовенко С. А., Паламарчук І. І. Інновації в технології вирощування овочевих рослин родини Гарбузові у відкритому ґрунті : монографія. Вінниця : ТВОРИ, 2021. 184 с.
9. Перепелиця Л. О., Кирилюк В. М. Формування структурних елементів урожаю огірка (*Cucumis sativus*) за впливу біопрепаратів Арбініс та Новамін N в умовах теплиці. *Modern Technologies and Innovations as New Tools for the Development of Science : матеріали XXIV міжнар. наук.-практ. конф.* Мюнхен, 15–17 червня 2026. С. 16–20. URL: https://eprints.zu.edu.ua/48394/ (дата звернення: 07.08.2026).
10. Куц О.В., Романова Т.А., Білак В.В. Вплив органічних та гумінових добрив на урожайність огірка. *Актуальні проблеми землеробської галузі та шляхи їх вирішення* : матеріали міжнар. наук.-практ. конф., (м. Миколаїв, 4 грудня 2025 р.). Миколаїв : МНАУ, 2026. С. 26-28. URL: https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/24333 (дата звернення: 07.08.2026).
11. Ефективність нанодобрива на основі зв'язаного вуглецю в поліпшенні живлення сільськогосподарських kultur / М. Мірошниченко та ін. *Вісник аграрної науки*. 2025. Т. 103, № 2. С. 13–20. URL: https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2025_02_02.pdf (дата звернення: 07.08.2026).
12. Оцінка нових партенокарпічних гібридних комбінацій огірка F1 за цінними селекційними ознаками та їх мінливістю / О. В. Сергієнко, О. М. Шабетя, Т. В. Івченко та ін. *Овочівництво і баштанництво*. 2022. № 71. С. 25–32. https://doi.org/10.32717/0131-0062-2022-71-25-32
13. Інноваційні зонально адаптовані рішення в овочівництві / В. П. Рудь, Ю. М. Ілінова, О. М. Могильна та ін. *Овочівництво і баштанництво*. 2023. № 72. С. 89–98. https://doi.org/10.32717/0131-0062-2022-72-89-98
14. FAOSTAT. Crops and livestock products: cucumbers and gherkins : Data set / Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2023. URL: https://www.fao.org/faostat (дата звернення: 07.08.2026).

REFERENCES:

1. Hossain, S. A. A. M., Wang, L., Chen, T., & Li, Z. (2017). Leaf area index assessment for tomato and cucumber growing period under different water treatments. *Plant, Soil and Environment,* vol. 63, № 10, pp. 461–467. https://doi.org/10.17221/568/2017-PSE
2. Xiaolei, S., & Zhifeng, W. (2004). The optimal leaf area index for cucumber photosynthesis and production in plastic greenhouse. *Acta Horticulturae,* vol. 633, pp. 161–165. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.633.19
3. Kläring, H.-P., Klopotek, Y., Schmidt, U., & Tantau, H.-J. (2012). Screening a cucumber crop during leaf area development reduces yield. *Annals of Applied Biology,* vol. 161, № 2, pp. 161–168, https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2012.00560.x
4. Rozhko, I. I., Syplyva, N. O., Kulyk, M. I., & Haidai, A. O. (2024). Urozhainist sortiv ohirka posivnoho (*Cucumis sativus* L.) zalezhno vid umov vyroshchuvannia [Yield of cucumber varieties (*Cucumis sativus* L.) depending on growing conditions]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriia: Silskohospodarski nauky,* 140, 204–213. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.27 [in Ukrainian].
5. Bozhko, L. Yu. (2010). *Klimat i produktyvnist ovochevykh kultur v Ukraini [Climate and productivity of vegetable crops in Ukraine].* Odesa: Ekolohiia [in Ukrainian].
6. Ulyanych, O. I., Hospodarenko, H. M., et al. (2021). *Naukovi, metodolohichni ta praktychni pidkhody do problem suchasnoi ahronomii [Scientific, methodological, and practical approaches to the problems of modern agronomy].* Dnipro: Seredniak T. K. [in Ukrainian].
7. Pishchalenko, M. A., & Usenko, S. S. (2022). Osoblyvosti vplyvu biopreparativ pry zamochuvanni na enerhiiu prorostannia ta skhozhist nasinnia ohirkiv [Features of the influence of biological preparations during soaking on germination energy and germination of cucumber seeds]. In Khimiia, biotekhnolohiia, ekolohiia ta osvita: Zbirnyk materialiv VI mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii [Chemistry, biotechnology, ecology and education: Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Internet Conference] (pp. 229–232), URL : https://dspace.pdau.edu.ua/handle/123456789/15514 [in Ukrainian].
8. Vdovenko, S. A., & Palamarchuk, I. I. (2021). Innovatsii v tekhnolohii vyroshchuvannia ovochevykh roslyn rodyny Harbuzovi u vidkrytomu grunti [Innovations in the technology of growing vegetable plants of the Cucurbitaceae family in open ground]. Vinnytsia: TVORY [in Ukrainian].
9. Perepelytsia, L. O., & Kyryliuk, V. M. (2026). Formuvannia strukturnykh elementiv urozhaiu ohirka (Cucumis sativus) za vplyvu biopreparativ Arbinis ta Novamin N v umovakh teplytsi [Formation of structural elements of cucumber yield under the influence of Arbinis and Novamin N biological preparations in greenhouse conditions]. In Modern technologies and innovations as new tools for the development of science: Materialy XXIV mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii [Proceedings of the 24th International Scientific and Practical Conference] (pp. 16–20), URL : https://eprints.zu.edu.ua/48394/ [in Ukrainian].
10. Kuts, O. V., Romanova, T. A., & Bilak, V. V. (2026). Vplyv orhanichnykh ta huminovykh dobryv na urozhainist ohirka [The influence of organic and humic fertilizers on cucumber yield]. In Aktualni problemy zemlerobskoi haluzi ta shliakhy yikh vyrishennia: Materialy mizhnarodnoi

naukovo-praktychnoi konferentsii [Current problems of the agricultural sector and ways to solve them: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference] (pp. 26–28). Mykolaiv: MNAU, URL : https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/24333 [in Ukrainian].
11. Miroshnychenko, M., et al. (2025). Efektyvnist nanodobryva na osnovi zviazanoho vuhletsiu v polipshenni zhyvlennia silskohospodarskykh kultur [Effectiveness of a carbon-bound nanofertilizer in improving the nutrition of agricultural crops]. *Visnyk ahrarnoi nauky, 103, 2, 13–20.* URL : https://agrovisnyk.com/pdf/ua_2025_02_02.pdf [in Ukrainian].
12. Serhiienko, O. V., Shabetia, O. M., & Ivchenko, T. V., et al. (2022). Otsinka novykh partenokarpichnykh hibrydnykh kombinatsii ohirka F1 za tsinnymy selektsiinymy oznakamy ta yikh minlyvistiu [Evaluation of new parthenocarpic F1 cucumber hybrid combinations by valuable breeding traits and their variability]. *Ovochivnytstvo i bashtannytstvo, 71, 25–32.* https://doi.org/10.32717/0131-0062-2022-71-25-32 [in Ukrainian].
13. Rud, V. P., Ilinova, Yu. M., & Mohylna, O. M., et al. (2023). Innovatsiini zonalno adaptovani rishennia v ovochivnytstvi [Innovative zonally adapted solutions in vegetable production]. *Ovochivnytstvo i bashtannytstvo, 72, 89–98.* https://doi.org/10.32717/0131-0062-2022-72-89-98 [in Ukrainian].
14. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). FAOSTAT: Crops and livestock products: Cucumbers and gherkins [Data set]. URL : https://www.fao.org/faostat [in Ukrainian].

Медончак О.В., Хоненко Л.Г. Формування площі листкової поверхні, фотосинтетичного потенціалу та врожайності гібридів огірка за краплинного зрошення в Південному Степу України

Метою дослідження є встановлення закономірностей формування площі листкової поверхні, фотосинтетичного потенціалу, коефіцієнта використання листкового апарату та врожайності гібридів огірка Кібрія F1 і Мадейра F1 залежно від застосування біопрепаратів і мікродобрив за краплинного зрошення в умовах Південного Степу України, а також обґрунтування доцільності поєднання цих елементів технології вирощування в періоди вегетації з різним рівнем зволоження. **Методи.** Польовий дослід проводили у Навчально-науково-практичному центрі Миколаївського національного аграрного університету за чотирифакторною схемою: гібрид огірка, біопрепарат, мікродобриво та режим збирання плодів. Дослідження виконували за краплинного зрошення. Площу листкової поверхні визначали розрахунково-ваговим методом, фотосинтетичний потенціал і коефіцієнт використання листкової поверхні – розрахунковим способом. Урожайність обліковували за товарними стандартами, а взаємозв'язки між досліджуваними ознаками оцінювали методами кореляційного аналізу. Для визначення залежності площі листкової поверхні від погодних умов використовували коефіцієнт кліматичної чутливості. **Результати.** У статті наведено результати трирічних (2023–2025 рр.) польових досліджень із вивчення закономірностей формування асиміляційного апарату та продуктивності двох партенокарпічних гібридів огірка (Кібрія F1 і Мадейра F1) за краплинного зрошення в зоні Південного Степу України. Установлено, що величина листкової поверхні обумовлюється переважно погодним фоном вегетації: між сприятливим 2023 і посушливим 2024 роками різниця сягала 54,2%, тоді як внесок системи живлення не перевищував 12–13%. Встановлено обернений зв'язок між площею листкового апарату та ефективністю його використання: за оптимального зволоження частина асимілятів витрачалася на вегетативний ріст, знижуючи питому віддачу листків. Гібрид Мадейра F1 за меншої на 5–8% площі листкової поверхні переважав гібрид Кібрія F1 за коефіцієнтом її використання на 16–22% та за врожайністю на 12,9%. Найвищі показники всіх досліджуваних ознак забезпечувало поєднання Органік-балансу з Квантум ПЛАТИНУМ. Одержані дані обґрунтовують добір гібрида й засобів живлення для сталого виробництва огірка в умовах аридизації клімату. **Висновки.** Формування площі листкової поверхні огірка у відкритому ґрунті значною мірою визначалося гідротермічними умовами вегетаційного періоду, тоді як ефективність її використання залежала від особливостей гібрида та застосованих елементів технології. Гібрид Мадейра F1, формуючи меншу площу листкового апарату, характеризувався вищою ефективністю його використання порівняно з гібридом Кібрія F1. Поєднання біопрепарату Органік-баланс і мікродобрива Квантум ПЛАТИНУМ сприяло покращенню функціонування листкового апарату та підвищенню врожайності, особливо за посушливих умов. Найвищу середню врожайність (46,79 т/га) забезпечило вирощування гібрида Мадейра F1 за комплексного застосування зазначених препаратів. Фотосинтетичний потенціал характеризувався тісним позитивним зв'язком із урожайністю (r = 0,91–0,96), що підтверджує його інформативність як показника продуктивності посівів огірка.

Ключові слова: *Cucumis sativus* L., асиміляційний апарат, коефіцієнт використання листкової поверхні, гідротермічний коефіцієнт, донорно-акцепторні відносини, партенокарпія, продуктивність, адаптивність.

Medonchak O.V., Honenko L.G. Formation of leaf surface area, photosynthetic potential and yield of cucumber hybrids under drip irrigation in the Southern Steppe of Ukraine

Purpose. The purpose of the study is to establish the regularities of the formation of the leaf surface area, photosynthetic potential, the utilization rate of the leaf apparatus, and the yield of hybrids of Kibria F1 and Madeira F1 cucumbers depending on the use of biopreparations and microfertilizers under drip irrigation in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine, as well as to substantiate the feasibility of combining these elements of growing technology in growing seasons with different levels of moisture. **Methods.** The field experiment was conducted at the Educational-Scientific-Practical Center of the Mykolaiv National Agrarian University according to a four-factor scheme: cucumber hybrid, biopreparation, microfertilizer and fruit harvesting mode. The research was carried out under drip irrigation. The area of the leaf surface was determined by the calculation-weight method, the photosynthetic potential and the coefficient of use of the leaf surface – by the calculation method. The yield was calculated according to commodity standards, and the relationships between the studied characteristics were evaluated using correlation analysis methods. The coefficient of climatic sensitivity was used to determine the dependence of the leaf surface area on weather conditions. **The results.** The article presents the results of three-year (2023–2025) field research on the study of patterns of formation of the assimilation apparatus and productivity of two parthenocarpic cucumber

hybrids (Kibria F1 and Madeira F1) under drip irrigation in the Southern Steppe zone of Ukraine. It was established that the size of the leaf surface is determined mainly by the weather background of the vegetation: between the favorable 2023 and the dry 2024, the difference reached 54.2%, while the contribution of the nutrition system did not exceed 12–13%. An inverse relationship was established between the area of the leaf apparatus and the efficiency of its use: with optimal moisture, part of the assimilates was spent on vegetative growth, reducing the specific yield of leaves. Madeira F1 hybrid with 5–8% smaller leaf surface area was superior to Kibria F1 hybrid in its utilization ratio by 16–22% and yield by 12.9%. The combination of Organic Balance with Quantum PLATINUM provided the highest indicators of all the studied signs. The obtained data justify the selection of the hybrid and nutrients for the sustainable production of cucumber in conditions of aridization of the climate. **Conclusions**. The formation of the cucumber leaf surface area in the open ground was largely determined by the hydrothermal conditions of the growing season, while the efficiency of its use depended on the characteristics of the hybrid and the applied elements of the technology. The Madeira F1 hybrid, forming a smaller area of the leaf apparatus, was characterized by a higher efficiency of its use compared to Kibria F1. The combination of Organic Balance biological preparation and Quantum PLATINUM microfertilizer improved the functioning of the leaf apparatus and increased yield, especially under dry conditions. The highest average yield (46.79 t/ha) was provided by the cultivation of the Madeira F1 hybrid with the complex use of the specified drugs. Photosynthetic potential was characterized by a close positive relationship with productivity (r = 0.91–0.96), which confirms its informativeness as an indicator of the productivity of cucumber crops.

Key words: *Cucumis sativus* L., assimilation apparatus, leaf surface utilization coefficient, hydrothermal coefficient, donor-acceptor relations, parthenocarpy, productivity, adaptability.

Дата першого надходження статті до видання: 01.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 634.23:631.526.3]:631.543.1
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.19

ФОРМА КРОНИ ЯК ФАКТОР ОПТИМІЗАЦІЇ ОСВІТЛЕННЯ ІНТЕНСИВНИХ НАСАДЖЕНЬ ЧЕРЕШНІ

ОСТАПЕЦЬ С.В. – аспірант
orcid.org/0009-0001-9447-667X
Державний біотехнологічний університет
ЛЕУС В.В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0002-7417-5968
Державний біотехнологічний університет

Постановка проблеми. Черешня (*Prunus avium* L.) посідає провідні позиції серед світових виробників кісточкових культур. За останні два десятиліття спостерігається суттєве збільшення обсягів її вирощування. Україна входить до десятки ключових виробників даної культури з валовим виробництвом на рівні 60-85 тис. тон на рік. При цьому більше половини насаджень черешні розміщені у південно-східних областях країни [1]. Нажаль, значна частина насаджень, вирощується за старими технологіями з використанням великогабаритних крон, що мають суттєвий недолік. Такі насадження демонструють низьку здатність до формування плодових утворень за рахунок недостатнього освітлення, що негативно позначається на товарних характеристиках урожаю [8].

На сьогодні інтенсивне садівництво розвивається завдяки поєднанню слаборослих сортів із карликовими підщепами, ущільненому висаджуванню дерев, а також спеціальним технікам обрізування та формування крон. Головна мета таких технологій – зібрати максимум преміального товарного врожаю для продажу за найвищою ціною [2, 4, 10]. Відомо, що загальний обсяг урожаю інтенсивного саду черешні напряму залежить від того, яку частку сонячної енергії здатна вловити листяна маса протягом сезону. Водночас товарні характеристики самих плодів визначаються рівнем інсоляції безпосередньо у зоні формування генеративних органів [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Впровадження у виробничу практику карликових підщеп для черешні (*Prunus avium*) дозволило перейти до високощільних схем садіння, що суттєво підвищило питому врожайність насаджень завдяки ефективнішій акумуляції сонячної радіації. Обсяг поглинання світла є комплексним показником, який, окрім густоти архітектури саду, визначається сортовими характеристиками, формою і висотою дерев, просторовим вектором рядів, тривалістю вегетації та індексом площі листя. Відтак, цілеспрямоване моделювання крони виступає головним інструментом максимізації світлового потенціалу з метою формування високоякісної товарної продукції [9]. Водночас, критичне значення, для стабільного плодоношення має безперешкодне проникнення світлових променів углиб крони. Гострий дефіцит інсоляції світла у внутрішніх ярусах призводить до відмирання обростаючих гілок і формування безплідних зон, а також негативно позначається на якості плодів: зумовлює їхнє здрібнення, слабке забарвлення шкірки, зниження концентрації сухих речовин та загального вмісту цукрів.

Питання архітектури крон, ефективності перехоплення сонячної радіації та їхнього підсумкового впливу на товарні характеристики врожаю насаджень черешні, щеплених на карликових підщепах, наразі залишаються недостатньо вивченими. Раціональне моделювання геометрії та диференційоване обрізування дерев, що повністю відповідають біологічній силі росту підщепно-прищепних комбінацій і щільності насаджень, дозволяють значно спростити технологічні процеси управління садом в період вступу у повне плодоношення [7, 11].

Помилки при виборі конструкції крони провокують зниження коефіцієнта поглинання світла, запуск непродуктивних вегетативних процесів та сильне внутрішньокронове затінення. Це призводить до масового оголення гілок із формуванням «сліпої деревини». Натомість формування ергономічних крон, які максимально ефективно освоюють світловий простір гарантує стабільне отримання високоякісної продукції протягом тривалого часу.

Форма крони є визначальним чинником у процесах уловлювання та просторового розподілу сонячної радіації в інтенсивних насадженнях черешні. Застосування компактних, звужених або вертикально-плоских конструкцій дозволяє оптимізувати проходження фотосинтетично активної радіації по всьому профілю дерева, забезпечуючи формування однорідного за якістю врожаю. Натомість класичні великогабаритні крони створюють умови для критичного затінення внутрішніх ділянок. Це призводить до суттєвого зниження товарних характеристик плодів, а також до масового відмирання обростаючих утворень із формуванням зон з оголеною деревиною [7].

Сучасні системи формування направлені на створення інтенсивних насаджень черешні, які забезпечують, перш за все, високу якість продукції. Форма крони виступає ключовим чинником освітленості насаджень, що безпосередньо впливає на фізичні та хімічні властивості плодів. Сучасні системи формування повинні виконувати задачі з регулювання процесів росту, їх контролю для покращення засвоєння сонячного проміння насадженнями черешні.

© Остапець С.В., Леус В.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Тому, на сьогодні в Україні впроваджуються найбільш популярні форми крони для інтенсивних насаджень черешні до яких належать веретеноподібні крони типу Струнке веретено Steep Leader, округла крона типу куща Кім Грін Буша (KGB) та багатопровідникова форма Upright Fruiting Offshoots (УФО) [5, 6].

Мета і завдання досліджень. Метою дослідження було порівняння сучасних форм крони інтенсивних насаджень черешні, щодо інтенсивності їх освітлення. Враховуючи це, основне завдання роботи полягало у комплексній оцінці ступеню освітлення різних частин крони в сучасних конструкціях насаджень черешні інтенсивного типу в умовах Харківської області.

Матеріали та методика досліджень Дослідження проводились протягом 2025-2026 років в інтенсивному саду черешні посадженому весною 2023 року однорічним садивним матеріалом у ТОВ АГРО-ЮА, що знаходиться у селі Троїцьке, Лозівського району, Харківській області на площі 12,5 га. Досліджувались три форми крони сортів Лапінс, Грей Стар та Самміт на підщепі ВСЛ2: Струнке веретено (Steep Leader), УФО (Upright Fruiting Offshoots) та кущопоподібна форма Кім Грін Буша (KGB) (рис. 1). Дослід закладено у трьохкратній повторності з 5 обліковими деревами розміщеними послідовно у ряду. Інтенсивність освітлення вимірювали люксометром моделі НТ603. Вимірювання інтенсивності освітлення проводили у двох зонах внутрішньої частини дерева: нижній (висота штамба) та середній (2 метра від поверхні ґрунту) у проміжку з 11.00 до 13.00 години дня.

Результати досліджень. Освітленість крони є критичним показником, що визначає ефективність фотосинтезу, формування генеративних бруньок та якість плодів [3, 4]. Для якісного врожаю черешні вкрай важливе правильне освітлення внутрішньої частини крони. Зона активного листя повинна отримувати сонячної енергії не менше 30 тис. лк**.** Саме така кількість сонячної інсоляції забезпечує активний фотосинтез та формування квіткових бруньок. Якщо ж рівень освітлення опускається нижче 10 тис. лк**,** настає критичний дефіцит, що призводить до оголення гілок.

Рівень освітленості нижньої частини крони черешні значною мірою залежав від форми крони, вплив фактору якого протягом років досліджень був у межах 96-98 %. Найвищі показники освітленості протягом років досліджень були зафіксовані у дерев, сформованих за системою УФО. Середнє значення освітленості перебувало у межах від 78,50 до 84,14 тис. лк, залежно від сорту і було істотно більшим порівняно з іншими формами крони. Максимальний показник у середньому за два роки досліджень було отримано на деревах сорту Грей Стар – 84,14 тис. лк. (табл. 1).

Дерева сформовані за типом KGB мали нижчу освітленість порівняно з системою УФО, яка в середньому



Рис. 1. Системи формування інтенсивних насаджень черешні у досліді (зліва на право Струнке веретено, KGB, УФО)

Таблиця 1

Освітленість нижньої частини крони залежно від форми та сорту, тис. лк.

Форма крони	Сорт	2025 р.	2026 р.	Середнє за роки
Струнке веретено	Саміт	5,15	3,41	4,28
	Грей Стар	3,47	3,37	3,42
	Лапінс	4,69	1,55	3,12
УФО	Саміт	82,55	74,49	78,52
	Грей Стар	93,68	74,43	84,14
	Лапінс	82,81	74,20	78,50
KGB	Саміт	6,59	7,98	7,29
	Грей Стар	16,14	18,71	17,43
	Лапінс	15,43	13,82	14,63
$HIP_{05}A$		*4,47*	*7,03*	
$HIP_{05}B$		*4,47*	*7,03*	
$HIP_{05}AB$		*7,75*	*12,18*	

Таблиця 2

Освітленість середньої частини крони залежно від системи формування дерев та сорту, тис. лк.

Форма крони	Сорт	2025 р.	2026 р.	Середнє за роки
Струнке веретено	Саміт	7,31	5,11	6,21
	Грей Стар	9,54	3,18	6,36
	Лапінс	8,44	1,87	5,16
УФО	Саміт	77,34	83,86	80,60
	Грей Стар	89,10	98,31	93,70
	Лапінс	81,92	92,31	87,11
KGB	Саміт	43,94	17,96	30,95
	Грей Стар	31,68	27,45	29,57
	Лапінс	68,28	25,38	46,83
$HIP_{05}A$		*12,8*	*14,1*	
$HIP_{05}B$		*12,8*	*14,1*	
$HIP_{05}AB$		*22,1*	*24,4*	

протягом років знаходилась у межах 7,29-17,43 тис. лк., але істотно більшу порівняно з системою Струнке веретено. Варто відмітити, що за даної системи формування, спостерігається значна різниця між сортами. Так, сорт Самміт мав у 2,4 та 2,0 рази гіршу освітленість крони дерев порівняно з сортами Грей Стар та Лапінс, відповідно. Дана тенденція спостерігається протягом років досліджень.

Істотно меншу освітленість нижньої частини крони протягом років досліджень, порівняно з іншими формами крони, отримано при формуванні дерев за системою Струнке веретено – 3,12-4,28 тис. лк.

Аналізуючи вплив сортів на ступінь освітлення крони встановлено, що даний фактор не впливав на зміну аналізованого показника. В розрізі сортів максимальну освітленість крони у 2025 році мали дерева сорту Грей Стар – 37,8 тис. лк, що було істотно більше порівняно з сортом Саміт. У наступному році досліджень спостерігається зменшення рівня освітлення нижньої частини крони для усіх досліджуваних сортів. Так, дерева сорту Саміт мали гірше освітлення на 9 %, а сортів Грей Стар та Лапінс на 14,9 і 13,1 %, відповідно. На відміну від 2025 року у 2026 році істотної різниці між досліджуваними сортами не відмічено.

Аналізуючи вплив досліджуваних факторів на зміну аналізованого показника у середній частині крони прослідковуємо аналогічну закономірність щодо освітленості, як і у нижній частині крони (табл. 2). Максимальну освітленість забезпечувала система формування крони – УФО, де середні показники становили від 80,60 тис. лк на сорті Саміт до найвищих 93,70 тис. лк. на сорті Грей Стар.

При формуванні крони дерев за типом KGB освітленість середньої частини крони була істотно нижчою у порівнянні з УФО, але істотно вищою за форму крони Струнке веретено і в середньому за 2 роки досліджень знаходилась у межах від 29,57 до 46,83 тис. лк залежно від сорту. Максимальну величину аналізованого показника для форми крони KGB отримано на деревах сорту Лапінс – 46,83 тис. лк. Найнижчі значення освітленості середньої частини крони на черешні були зафіксовані на деревах форми Струнке веретено. За цією формою максимальне середнє значення мали дерева сорту Грей Стар – 6,36 тис. лк, а мінімальне Лапінс – 5,16 тис. лк.

За результатами дисперсійного аналізу, протягом років досліджень, істотної різниці за величиною аналізованого показника у середній частині крони між сортами не відмічено. Аналогічно освітленості нижньої частини крони, на четвертий рік вегетації, у межах сортів зафіксовано

погіршення величини аналізованого показника для форм крони Струнке веретено та KGB.

В результаті досліджень встановлено, що загальна освітленість значною мірою залежить від форми крони. За даними кореляційного аналізу найбільше погіршують освітленість ростові параметри: висота дерев (r = – 0,93 у 2025 році та – 0,17 у 2026 році), об'єм крони (r = – 0,69 та – 0,71), площа проекції крони (r = – 0,70). У той же час доведено, що покращення освітленості крони безпосередньо впливає на збільшення урожайності (r = + 0,37), а також має сильний вплив на збільшення маси ягоди (r = + 0,78).

Аналізуючи загальну освітленість різних форм крони, встановлено, що найвищий рівень освітленості мали дерева, сформовані за системою УФО. Зокрема, середня освітленість у 2025 році становила 83,6 тис. лк, що у 2,9 рази більше порівняно з системою веретено та у 1,6 рази порівняно з KGB. У 2026 році спостерігається ще більша різниця між формами крони. Так, рівень освітленості дерев сформованих за системою УФО становив 82,9 тис. лк., що у 26,7 та 4,4 рази більше порівняно з системами веретено та KGB, відповідно.

Варто відмітити, що на четвертий рік вегетації, у 2026 році, значно погіршилася освітленість дерев сформованих за типом струнокого веретена. Так, попередньо з минулим роком освітленість крони зменшилась у 2,1 рази, що свідчить про значне затінення дерев за даної форми при вступі їх у плодоношення.

Встановлено, що дана тенденція прослідкується і для дерев сформованих за системою KGB. Так, дерева черешні на четвертий рік вегетації в 1,3 разів мали меншу освітленість порівняно з минулим роком вегетації. Варто відмітити, що за даної системи на четвертий рік вегетації дерева черешні мали на 83,3 % істотно кращу освітленість порівняно з деревами сформованими за системо Струнке веретено.

У 2026 році, аналогічно формам крони, прослідковується погіршення освітленості і у розрізі сортів порівняно з 2025 роком. Так, дерева сорту Саміт отримували на 13,8 %, сорту Грей Стар на 7,4 %, та сорту Лапінс на 9,9 % менше сонячного світла. Дана тенденція пов'язана з тим, що у дерев на четвертий рік вегетації ще продовжуються активні ростові процеси, тим самим збільшується загущення крони. Варто відмітити, що протягом років досліджень істотної різниці між сортами не відмічено.

Результати факторного аналізу освітленості крони (рис. 2) свідчать, що саме система формування є ключовим чинником, який визначає світловий режим інтенсивних насаджень черешні. За результатами статистичної обробки даних вплив форми крони був на рівні 83 % у 2025 році та 96 % у 2026 році. Таким чином, проведені дослідження доводять, що з віком насаджень зростає роль форми крони у формуванні світлового режиму та забезпеченні максимальної освітленості дерев.

Фактор сорту мав мінімальний вплив – 1 %, що свідчить про незначну роль сортових особливостей у формуванні освітленості. Взаємодія між формою крони та сортом становила у 2025 році 6 %, а в 2026 році взагалі не впливала на зміну даного показника. Вплив інших факторів був на рівні 10 % у 2025 році та 3 % у 2026 році.

Висновки. Отже, проаналізувавши протягом 2025-2026 років досліджень форми крони для інтенсивних насаджень черешні встановлено, що максимальний рівень освітлення забезпечує система формування УФО, причому у розрізі років показник майже не змінювався. Найгіршою за ступенем освітлення була система формування дерев струнке веретено, для якої на четвертий рік вегетації, порівняно з третім роком, величина аналізованого показника зменшилася у 2 рази. Середня частина крони дерев за даної системи мала значне затінення, що негативно впливатиме в подальшому на урожайність та якість плодів, так як за даними кореляційного аналізу освітленість має середній прямий зв'язок з урожайністю r = + 0,37 та сильний прямий зв'язок з масою плодів r = + 0,78. Система формування KGB забезпечує дерева середнім рівнем освітленості, що істотно більше порівняно з формою Струнке веретено.

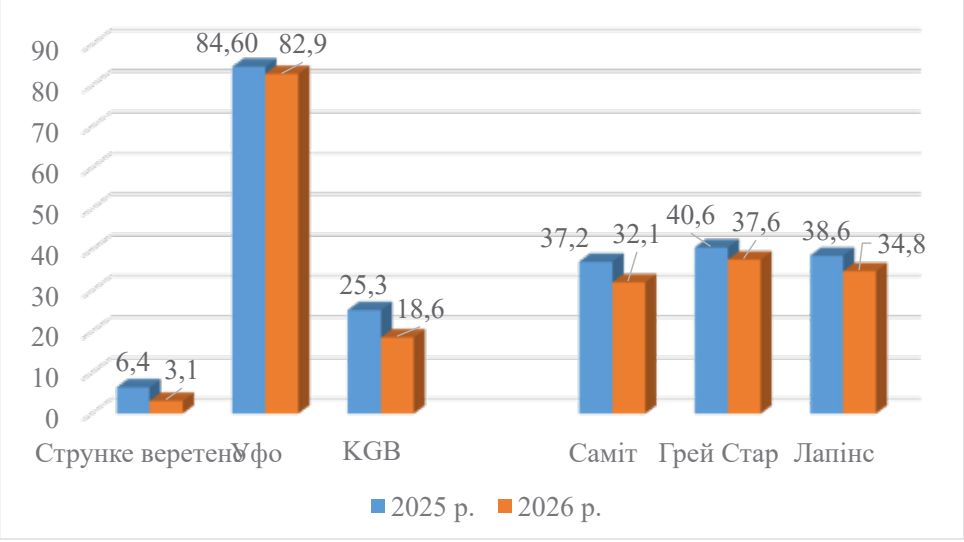


Рис. 2. Загальна освітленість інтенсивних насаджень черешні залежно від форми крони та сорту, тис. лк.

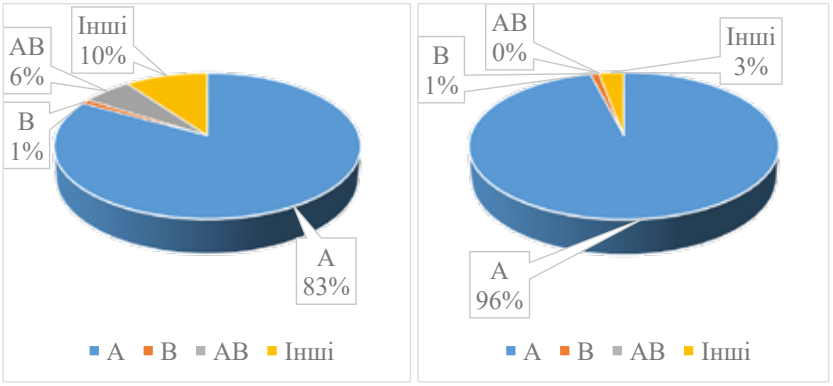


Рис. 3. Вплив досліджувальних факторів на інтенсивність освітлення дерев черешні (2025 р. ліворуч, 2026 р праворуч)

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бондаренко П.Г. Конструкції інтенсивних насаджень черешні для південного Степу України: дис. …канд. с-г. наук: 06.01.07. Київ, 2019. 190 с. http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/9310
2. Кіщак О.А., Гриник І.В., Барабаш Л.О., Кіщак Ю.П. Технологічні аспекти створення інтенсивних насаджень у Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 98 (3). С 27-37 https://agrovisnyk.com/pdf/en_2020_03_04.pdf
3. Кременчук Р.І. Вплив освітленості на продуктивність сорто-підщепних комбінувань черешні (Cerasus avium Moench.). *Садівництво*. 2013. № 67. С. 121-125.
4. Леус В.В., Остапець С.В. Сучасні форми крони для інтенсивних насаджень черешні. *Наука і технології: нові горизонти розвитку. Збірник наукових праць з матеріалами 1-ї Міжнародної науково-практичної конференції. Міжнародна наукова єдність. 14-16 травня 2025 року. Прага, Чеська Республіка*. 2025. С. 25-28 https://isu-conference.com/en/archive/science-and-technology-new-horizons-of-development-14-05-25/
5. Леус В.В., Мулєнок Я.О. Формування та обрізування інтенсивних насаджень черешні: метод. рекомендації для самостійного (дистанційного) вивчення дисц. “Сучасні технології у садівництві” здобув. другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання, Спец. 203 “Садівництво, плодоовочівництво та виноградарство”; Держ. біотехнологічний ун-т; Харків, 2024. 30 с. https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/51994
6. Леус В.В., Шубенко Л.А., Мулєнок Я.О. Вплив форми крони на вступ у плодоношення інтенсивних насаджень черешні. *Грааль науки № 41: VII International Scientific and Practical Conference «SCIENCE OF POST- NDUSTRIAL SOCIETY: GLOBALIZATION AND TRANSFORMATION PROCESSES»* 05.07.2024. 2024. С. 224-227 https://doi.org/10.36074/grail-of-science.05.07.2024.033
7. Blažek, J., Zelený, L., & Suran, P. Sweet cherry research world overview 2015-2017. *Horticultural Science*. 2022. 49(3), 121-146. https://hortsci.agriculturejournals.cz/pdfs/hor/2022/03/01.pdf
8. Lang, G.A.; Wilkinson, T.; Larson, J.E. Insights for orchard design and management using intensive sweet cherry canopy architectures on dwarfing to semi-vigorous rootstocks. *Acta Hortic*. 2019, 1235, 161–168. https://ishs.org/ishs-article/1235_21/
9. Stone, C. H., Close, D. C., Bound, S. A., & Hunt, I. Training Systems for Sweet Cherry: Light Relations, Fruit Yield and Quality. *Agronomy*, 2022. 12(3), 643. https://doi.org/10.3390/agronomy12030643
10. Silva, V.; Pereira, S.; Vilela, A.; Bacelar, E.; Guedes, F.; Ribeiro, C.; Silva, A.P.; Goncalves, B. Preliminary insights in sensory profile of sweet cherries. *Foods* 2021, 10 (3), 612. https://doi.org/10.3390/foods10030612
11. Zhang, J.; Zhang, Q.; Whiting, M.D. Mapping interception of photosynthetically active radiation in sweet cherry orchards. *Comput. Electron. Agric*. 2015, 111, 29–37. https://doi.org/10.13031/trans.59.11064

REFERENCES:

1. Bondarenko P. H. (2019). Konstruktsii intensyvnykh nasadzhen chereshni dlia pivdennoho Stepu Ukrainy: dys. … kand. s.-h. nauk [Structures of intensive sweet cherry orchards for the Southern Steppe of Ukraine: candidate dissertation]. Kyiv, 190 p. available at: http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/9310 [in Ukrainian].
2. Kishchak O. A., Hrynyk I. V., Barabash L. O., Kishchak Yu. P. (2020). Tekhnolohichni aspekty stvorennia intensyvnykh nasadzhen u Lisostepu Ukrainy [Technological aspects of establishing intensive orchards in the Forest-Steppe of Ukraine]. Visnyk ahrarnoi nauky, № 3, pp. 27–37, available at: https://agrovisnyk.com/pdf/en_2020_03_04.pdf [in Ukrainian].
3. 3. Kremenchuk R. I. (2013). Vplyv osvitlenosti na produktyvnist sorto-pidshchepnykh kombinuvan chereshni (Cerasus avium Moench.) [Effect of illumination on productivity of sweet cherry cultivar-rootstock combinations]. Sadivnytstvo, № 67, pp. 121–125 [in Ukrainian].
4. Leus V. V., Ostapets S. V. (2025) Suchasni formy krony dlia intensyvnykh nasadzhen chereshni: zb. nauk. pr. za materialamy I Mizhnar. nauk.-prakt. konf. [Science and technology: new horizons of development: Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference]. Cheska Respublika. Praha: novi horyzonty rozvytku, pp. 25–28, available at: https://isu-conference.com/en/archive/science-and-technology-new-horizons-of-development-14-05-25/ [in Ukrainian].
5. Leus V. V., Mulienok Ya. O. (2024). Formuvannia ta obrizuvannia intensyvnykh nasadzhen chereshni : metod. rekomendatsii [Training and pruning of intensive sweet cherry orchards: methodical recommendations]. Kharkiv: Derzhavnyi biotekhnolohichnyi universytet, 30 p. Available at: https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/51994 [in Ukrainian].

6. Leus V. V., Shubenko L. A., Mulienok Ya. O. (2024) Vplyv formy krony na vstup u plodonoshennia intensyvnykh nasadzhen chereshni [Influence of crown shape on the bearing entry of intensive sweet cherry orchards]. Hraal nauky, № 41, pp. 224–227, available at: https://doi.org/10.36074/grail-of-science.05.07.2024.033 [in Ukrainian].
7. Blažek J., Zelený L., Suran P. (2022) Sweet cherry research world overview 2015–2017. Horticultural Science, vol. 49, № 3, pp. 121–146, available at: https://hortsci.agriculturejournals.cz/pdfs/hor/2022/03/01.pdf
8. Lang G. A., Wilkinson T., Larson J. E. (2019) Insights for orchard design and management using intensive sweet cherry canopy architectures on dwarfing to semi-vigorous rootstocks. Acta Horticulturae, Vol. 1235, pp. 161–168, available at: https://ishs.org/ishs-article/1235_21
9. Stone C. H., Close D. C., Bound S. A., Hunt I. (2022) Training Systems for Sweet Cherry: Light Relations, Fruit Yield and Quality. Agronomy, Vol. 12, №. 3, Art. 643, available at: https://doi.org/10.3390/agronomy12030643
10. Silva V., Pereira S., Vilela A., Bacelar E., Guedes F., Ribeiro C., Silva A. P., Gonçalves B. (2021) Preliminary insights in sensory profile of sweet cherries. Foods, Vol. 10, №. 3, Art. 612, available at: https://doi.org/10.3390/foods10030612
11. Zhang J., Zhang Q., (2015) Whiting M. D. Mapping interception of photosynthetically active radiation in sweet cherry orchards. Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 111, pp. 29–37, available at: https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.11.024

Остапець С.В., Леус В.В. Форма крони як фактор оптимізації освітлення інтенсивних насаджень черешні

У статті наведено результати досліджень ступеню освітленості інтенсивних насаджень черешні сортів Саміт, Грей Стар та Лапінс сформованих за формами Струнке веретено (Steep Leader), УФО (Upright Fruiting Offshoots) та кущопоподібна форма Кім Грін Буша (KGB).

Встановлено, що рівень освітленості нижньої частини крони дерев черешні значною мірою залежав від форми крони, вплив фактору якого був у межах 96-98 %. Найвищі показники освітленості протягом років досліджень були зафіксовані у дерев, сформованих за системою УФО. Середнє значення освітленості перебувало у межах від 78,50 до 84,14 тис. лк, залежно від сорту. Дерева сформовані за типом KGB мали нижчу освітленість, яка в середньому протягом років була на рівні 7,29-17,43 тис. лк. Істотно меншу освітленість нижньої частини крони мали дерева сформовані за типом Струнке веретено – 3,12-4,28 тис. лк. Аналізуючи вплив досліджуваних факторів на зміну аналізованого показника у середній частині крони прослідковуємо аналогічну закономірність щодо освітленості, як і у нижній частині крони.

За даними кореляційного аналізу найбільший вплив на зниження освітленості мали ростові параметри: висота дерев (r = – 0,93 у 2025 році та – 0,17 у 2026 році), об'єм крони (r = – 0,69 та -0,71), площа проекції крони (r = – 0,7). В той же час доведено, що покращення освітленості крони безпосередньо впливає на збільшення урожайності (r = + 0,37), а також має сильний вплив на збільшення маси ягоди (r = + 0,78).

За результатами досліджень встановлено, що саме система формування є ключовим чинником, який визначає світловий режим інтенсивних насаджень черешні. Отже, максимальний рівень освітлення інтенсивних насаджень черешні протягом років досліджень забезпечила форма крони УФО, причому у розрізі років показник майже не змінювався. Найгіршою за ступенем освітлення була форма крони Струнке веретено, для якої на четвертий рік вегетації, порівняно з третім роком, величина аналізованого показника зменшилася у 2 рази. Система формування KGB забезпечує дерева середнім рівнем освітленості у межах 22 тис. лк., що істотно більше порівняно з формою Струнке веретено.

Ключові слова: інтенсивний сад, черешня, освітленість, форма крони, Струнке веретено, KGB, УФО.

Ostapets S.V., Leus V.V. Crown shape as a factor in optimizing light penetration in intensive sweet cherry orchards

This article presents the results of research on light levels in intensive sweet cherry orchards of the cultivars Summit, Grey Star, and Lapins, trained according to the Steep Leader, Upright Fruiting Offshoots (UFO), and Kym Green Bush (KGB) crown shapes.

It was established that the light level in the lower part of the sweet cherry tree canopy largely depended on crown shape, the effect of which accounted for 96–98% of the total variation. The highest light levels throughout the study period were recorded in trees trained according to the UFO system. Average illuminance ranged from 78.50 to 84.14 thousand lux, depending on the cultivar. Trees trained according to the KGB system exhibited lower light levels, averaging 7.29–17.43 thousand lux during the years of the study. Significantly lower light levels in the lower canopy zone were observed in trees trained according to the Steep Leader system, where illuminance ranged from 3.12 to 4.28 thousand lux.

Analysis of the influence of the studied factors on changes in this parameter in the middle part of the canopy revealed a pattern similar to that observed in the lower canopy zone. According to the correlation analysis, the greatest negative effect on light levels was associated with growth parameters, including tree height (r = −0.93 in 2025 and −0.17 in 2026), canopy volume (r = −0.69 and −0.71), and canopy projection area (r = −0.70). At the same time, improved canopy illumination was found to have a direct positive effect on yield (r = +0.37) and a strong positive effect on fruit weight (r = +0.78).

The results demonstrated that crown shape is the key factor determining the light regime of intensive sweet cherry orchards. The UFO crown shape provided the highest level of light penetration throughout the years of the study, while annual fluctuations were minimal. The Steep Leader crown shape showed the poorest light conditions; in the fourth year of growth, light levels were reduced by half compared with the third year. The KGB crown shape provided a moderate illuminance level of approximately 22 thousand lux, which was significantly higher than that recorded for the Steep Leader crown shape.

Key words: intensive orchard, sweet cherry (Prunus avium L.), light penetration, illuminance, crown shape, Steep Leader, Kym Green Bush (KGB), Upright Fruiting Offshoots (UFO).

Дата першого надходження статті до видання: 01.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 633.82:631.811.98:665.52
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.20

ВПЛИВ БІОСТИМУЛЯТОРІВ НА УРОЖАЙНІСТЬ ТА ЕФІРНООЛІЙНУ ПРОДУКТИВНІСТЬ КОРІАНДРУ ПОСІВНОГО (*CORIANDRUM SATIVUM* L.)

ПОЗДНЯКОВ В.Ю. – аспірант, науковий співробітник
orcid.org/0009-0003-1416-1833
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України
ПЕТРЕНКО С.О. – кандидат сільськогосподарських наук, доцентка,
orcid.org/0000-0002-1334-6313
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Актуальність наукових пошуків сьогодні зосереджена на розробці адаптивних технологій вирощування сільськогосподарських культур, здатних забезпечувати стабільне формування продуктивності рослин за мінливих ґрунтово-кліматичних умов, підвищувати ефективність використання природних ресурсів та зменшувати залежність виробництва від надмірного застосування хімічних засобів. Одним із перспективних напрямів удосконалення технологій є їх біологізація, що передбачає ширше використання біологічно активних речовин, біопрепаратів та біостимуляторів для регулювання росту, розвитку й продукційних процесів рослин [1, 2, 3].

Коріандр посівний (*Coriandrum sativum* L.) належить до цінних пряно-ароматичних та ефіроолійних культур, які мають важливе продовольче, фармацевтичне, парфумерно-косметичне та промислове значення. Основною товарною продукцією коріандру є насіння, яке характеризується високим вмістом ефірної олії та широким спектром практичного використання. Тому ефективність вирощування культури доцільно оцінювати не лише за рівнем урожайності насіння, а й за показниками його ефірноолійної продуктивності – вмістом ефірної олії та її виходом з одиниці площі [7, 8, 9].

Формування продуктивності коріандру є складним процесом, який визначається взаємодією генотипових особливостей сорту та умов вирощування. Сортова специфіка може істотно впливати на інтенсивність росту і розвитку рослин, формування генеративних органів, кількість та масу насіння, а також на синтез і накопичення ефірної олії. У зв'язку з цим оцінювання ефективності елементів технології вирощування необхідно проводити з урахуванням реакції різних сортів на застосовувані агротехнологічні заходи [10, 11].

Перспективним елементом адаптивної технології вирощування коріандру є застосування біостимуляторів, здатних активізувати фізіолого-біохімічні процеси, покращувати використання рослинами поживних речовин, стимулювати формування вегетативної та генеративної маси й підвищувати стійкість рослин до несприятливих факторів середовища. Водночас ефективність біостимуляторів не є сталою величиною і може залежати як від їх складу та властивостей, так і від генотипу рослин, строків та способів застосування [12,13].

Важливе значення має вибір способу застосування біостимуляторів. Передпосівна обробка насіння забезпечує вплив препарату на початкові етапи проростання та формування проростків, тоді як позакореневе застосування дає можливість впливати на фізіологічний стан рослин упродовж вегетації. Поєднання різних способів застосування може забезпечувати пролонговану дію біостимуляторів та сприяти більш повному розкриттю продукційного потенціалу культури. Однак реакція коріандру на такі технологічні прийоми може істотно змінюватися залежно від сорту та виду біостимулятора [14].

Особливої уваги потребує визначення впливу біостимуляторів на формування не лише урожайності насіння, а й якісних показників ефіроолійної сировини. Підвищення урожайності насіння не завжди супроводжується пропорційним збільшенням концентрації ефірної олії, тому комплексна оцінка вмісту та виходу ефірної олії є необхідною для об'єктивного визначення ефективності досліджуваних технологічних прийомів. Показник виходу ефірної олії з одиниці площі, який інтегрує урожайність насіння та його олійність, є особливо важливим для оцінювання загальної ефіроолійної продуктивності культури [15].

Незважаючи на значну кількість досліджень щодо використання біологічних препаратів у технологіях вирощування сільськогосподарських культур, питання комплексної оцінки дії біостимуляторів на урожайність та ефірноолійну продуктивність коріандру посівного залежно від сортових особливостей і способів їх застосування залишається недостатньо вивченим [16].

Потребують уточнення закономірності формування урожайності насіння, вмісту та виходу ефірної олії за різних варіантів поєднання досліджуваних факторів, а також визначення сили їх окремого та сумісного впливу.

Отже, актуальним науково-практичним завданням є обґрунтування ефективності застосування біостимуляторів у технології вирощування коріандру посівного з урахуванням сортової специфіки та способу їх застосування, визначення їх впливу на урожайність насіння,

© Поздняков В.Ю., Петренко С.О., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

вміст і вихід ефірної олії, а також встановлення частки впливу досліджуваних факторів та характеру їх взаємодії на основі статистичної оцінки отриманих результатів [8].

Мета статті. Встановлення впливу сорту, біостимуляторів та способів їх застосування на формування урожайності насіння і ефірноолійної продуктивності коріандру посівного (*Coriandrum sativum* L.), а також визначення частки впливу досліджуваних факторів та їх взаємодії на основі статистичної оцінки отриманих результатів.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження впливу біостимуляторів на коріандрі посівному зазвичай базується на польових дослідах із 3-х разовою повторністю, що включають обробку насіння та позакореневе підживлення. Методика передбачає фенологічні спостереження, вимірювання біометричних показників (висота, площа листків). Інформацію взято з типової наукової методології, описаної в агрономічних дослідженнях [4, 5, 6].

Дослідження впливу біостимуляторів на формування урожайності та ефірноолійної продуктивності коріандру посівного (*Coriandrum sativum* L.) проводили у польових умовах протягом 2024–2026 рр. у СГ «В. В. Плакущенко», розташованому в с. Гребеники Одеської області. Дослідні поля господарства знаходяться в умовах Південного Степу України, що характеризується високою теплозабезпеченістю, тривалим вегетаційним періодом та нестійким і недостатнім зволоженням.

Ґрунтовий покрив дослідної території сформований в умовах степової зони та характеризується властивостями, типовими для ґрунтів південного заходу Одеської області. Для умов вирощування коріандру важливе значення мають водно-фізичні властивості ґрунту, його забезпеченість елементами живлення та здатність накопичувати й утримувати продуктивну вологу. В умовах нестійкого зволоження саме водозабезпеченість посівів упродовж основних періодів росту і розвитку рослин є одним із визначальних факторів формування урожайності насіння та ефірноолійної продуктивності культури.

Погодні умови років проведення досліджень характеризувалися певною мінливістю температурного режиму та кількості атмосферних опадів, що створювало різні умови для росту і розвитку коріандру. У 2024 р. вегетаційний період проходив на фоні підвищеного температурного забезпечення та нерівномірного розподілу опадів. Для 2025 р. характерним було поєднання періодів достатнього зволоження з посушливими інтервалами та підвищеними температурами повітря. Умови 2026 р. також відзначалися температурною мінливістю та нерівномірним надходженням атмосферних опадів упродовж вегетаційного періоду. Виявлені відмінності погодних умов між роками створили різний фон для реалізації сортового потенціалу коріандру та прояву ефективності досліджуваних біостимуляторів.

Особливості погодних умов років досліджень мали важливе значення для оцінювання ефективності біостимуляторів, оскільки температурний і водний режими безпосередньо впливають на проходження фенологічних фаз, інтенсивність ростових процесів, формування генеративних органів, налив насіння та накопичення ефірної олії. Таким чином, отримані результати характеризують реакцію коріандру на досліджувані технологічні прийоми саме в умовах мінливого природного середовища.

Об'єктами досліджень були сорти коріандру посівного Оксаніт та Нектар, а також біостимулятори різного походження: препарат на основі комплексу зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris* + *Scenedesmus obliquus*, препарат на основі ціанобактерій роду Nostoc та біостимулятор на основі екстрактів морських водоростей – Фітомаре.

Дослід закладали за трифакторною схемою методом розщеплених ділянок у чотириразовій повторності. Фактор А – сорт: A_1 – Оксаніт, A_2 – Нектар. Фактор В – спосіб застосування біостимуляторів: B_1 – передпосівна обробка насіння; B_2 – передпосівна обробка насіння + позакореневе підживлення. Фактор С – біостимулятор: C_1 – контроль; C_2 – зелені мікроводорості (*Chlorella vulgaris* + *Scenedesmus obliquus*); C_3 – Nostoc; C_4 – Фітомаре. Таким чином, загальна кількість варіантів становила 16 (2 × 2 × 4).

За варіантом B_1 проводили передпосівну обробку насіння відповідним біостимулятором. За варіантом B_2 передпосівну обробку насіння поєднували з триразовим позакореневим підживленням рослин упродовж вегетації. Позакореневі обробки проводили у три основні періоди росту і розвитку коріандру: у фазу розетки (4–6 листків), у фазу стеблування та у фазу бутонізації. Попередником коріандру була озима пшениця після соняшнику. Сівбу проводили з міжряддям 45 см за норми висіву 2,0 млн схожих насінин/га. Площа дослідної ділянки становила 36 м², облікова – 18 м².

Упродовж вегетації проводили фенологічні спостереження та облік основних показників росту і розвитку рослин. Урожайність насіння визначали методом суцільного обліку продукції з облікової площі з подальшим перерахунком на 1 га. Для оцінювання ефірноолійної продуктивності визначали вміст ефірної олії в насінні, % та розраховували її вихід, кг/га.

Для комплексної оцінки ефективності досліджуваних факторів визначали приріст урожайності насіння порівняно з контролем, порівнювали продуктивність сортів, ефективність окремих біостимуляторів та способів їх застосування. Встановлювали також характер взаємодії сорту, способу застосування та біостимулятора щодо формування урожайності насіння, вмісту та виходу ефірної олії.

Статистичну обробку результатів досліджень проводили методом дисперсійного аналізу. Оцінювали достовірність різниці між варіантами досліду, визначали частку впливу досліджуваних факторів та їх взаємодії. Статистичну значущість отриманих результатів оцінювали за рівня значущості $p \leq 0,05$.

Результати досліджень. Коріандр посівний (*Coriandrum sativum* L.) є цінною пряно-ароматичною та ефіроолійною культурою, яка має широке використання у харчовій, фармацевтичній, парфумерно-косметичній та інших галузях. Основною продукцією культури є насіння, урожайність та якісні характеристики якого визначають господарську цінність коріандру. Особливе значення має ефірна олія, оскільки її вміст у насінні та вихід з одиниці

площі є важливими показниками ефіроолійної продуктивності культури.

Формування урожайності та ефірноолійної продуктивності коріандру залежить від комплексу генетичних і агроекологічних факторів. Важливу роль відіграють сортові особливості рослин, які визначають потенціал формування насіннєвої продуктивності та здатність до накопичення ефірної олії. Водночас реалізація продуктивного потенціалу культури значною мірою залежить від застосування ефективних елементів технології вирощування, зокрема біостимуляторів. Застосування біостимуляторів на основі зелених мікроводоростей, ціанобактерій та екстрактів морських водоростей є перспективним напрямом біологізації технології вирощування коріандру. Такі препарати можуть впливати на перебіг фізіолого-біохімічних процесів у рослинах, сприяти активізації росту і розвитку, формуванню генеративних органів та підвищенню продуктивності. Водночас ефективність їх застосування може залежати від сорту та способу внесення.

Важливим технологічним прийомом є поєднання передпосівної обробки насіння з подальшим позакореневим підживленням рослин упродовж вегетації. Такий підхід дає можливість забезпечити вплив біостимуляторів як на початкові етапи росту рослин, так і на подальше формування їх продуктивності. Для встановлення ефективності зазначених прийомів необхідним є комплексне оцінювання не лише урожайності насіння, а й вмісту та виходу ефірної олії.

Дослід закладено за схемою трифакторного експерименту, що передбачав вивчення впливу сорту, біостимулятора та способу його застосування на формування продуктивності коріандру посівного (табл. 1).

Протягом 2024-2026 рр проводили обліки та спостереження за висотою рослин, площею листкової поверхні, маси наземної частини, врожайність (табл. 2).

Результати досліджень свідчать, що урожайність насіння коріандру посівного істотно залежала від сортових особливостей, способу застосування та виду біостимулятора (табл. 2). У середньому за 2024–2026 рр. урожайність насіння за всіма варіантами досліду становила 1,35 т/га, при цьому спостерігалася виражена варіабельність показника залежно від погодних умов року проведення досліджень та досліджуваних технологічних чинників.

За роками досліджень середня урожайність насіння по досліду становила 1,28 т/га у 2024 р., 1,61 т/га у 2025 р. та 1,16 т/га у 2026 р. Отже, найбільш сприятливим для формування урожайності виявився 2025 р., тоді як у 2026 р. рівень продуктивності був найнижчим. Різниця між роками свідчить про значний вплив умов року на реалізацію продуктивного потенціалу рослин коріандру.

Сортові особливості суттєво відображалися на формуванні урожайності. У середньому за три роки у сорту Оксаніт урожайність насіння становила 1,41 т/га, тоді як у сорту Нектар – 1,28 т/га. Таким чином, перевага сорту Оксаніт становила 0,13 т/га, що свідчить про вищу продуктивність цього сорту в умовах проведення досліджень. Перевага Оксаніту простежувалася в усі роки досліджень та за обох способів застосування біостимуляторів.

Таблиця 1.

Вплив біостимуляторів на ріст та розвиток коріандру посівного

Фактор A: сорт	Фактор B: біостимулятор	Фактор C: спосіб застосування біостимулятору
Оксаніт	Без обробки (контроль)	Передпосівна обробка насіння
		Передпосівна обробка насіння + позакореневе підживлення у фази розетки (4–6 листків), стеблування та бутонізації
	Зелені мікроводорості (*Chlorella vulgaris* + *Scenedesmus obliquus*)	Передпосівна обробка насіння
		Передпосівна обробка насіння + позакореневе підживлення у фази розетки (4–6 листків), стеблування та бутонізації
	Nostoc	Передпосівна обробка насіння
		Передпосівна обробка насіння + позакореневе підживлення у фази розетки (4–6 листків), стеблування та бутонізації
	Фітомаре	Передпосівна обробка насіння
		Передпосівна обробка насіння + позакореневе підживлення у фази розетки (4–6 листків), стеблування та бутонізації
Нектар	Без обробки (контроль)	Передпосівна обробка насіння
		Передпосівна обробка насіння + позакореневе підживлення у фази розетки (4–6 листків), стеблування та бутонізації
	Зелені мікроводорості (*Chlorella vulgaris* + *Scenedesmus obliquus*)	Передпосівна обробка насіння
		Передпосівна обробка насіння + позакореневе підживлення у фази розетки (4–6 листків), стеблування та бутонізації
	Nostoc	Передпосівна обробка насіння
		Передпосівна обробка насіння + позакореневе підживлення у фази розетки (4–6 листків), стеблування та бутонізації
	Фітомаре	Передпосівна обробка насіння
		Передпосівна обробка насіння + позакореневе підживлення у фази розетки (4–6 листків), стеблування та бутонізації

Таблиця 2.

Урожайність насіння коріандру посівного залежно від сорту, способу застосування та біостимулятора, т/га, середнє за 2024-2026 рр.

Спосіб застосування (фактор В)	Біостимулятор (фактор С)	Роки				Приріст		Середнє по фактору А	Середнє по фактору В	Середнє по фактору С
		2024 р.	2025 р.	2026 р.	середнє	т/га	%			
Сорт Оксаніт (фактор А)										
Передпосівна обробка насіння	Контроль (без обприскування)	1,08	1,34	0,96	1,13	-	-	1,41	1,30	1,11
	Суспензія хлорели	1,39	1,72	1,25	1,45	+0,33	+29,0			1,45
	Nostoc	1,26	1,56	1,10	1,31	+0,18	+16,0			1,28
	Фітомаре	1,45	1,86	1,34	1,55	+0,42	+37,6			1,55
Передпосівна обробка насіння + позакореневе підживлення	Контроль (без обприскування)	1,15	1,41	1,01	1,19	-	-		1,40	
	Суспензія хлорели	1,52	1,89	1,38	1,60	+0,41	+34,2			
	Nostoc	1,33	1,64	1,17	1,38	+0,19	+16,0			
	Фітомаре	1,59	2,01	1,48	1,69	+0,50	+42,3			
Сорт Нектар (фактор А)										
Передпосівна обробка насіння	Контроль (без обприскування)	0,98	1,23	0,86	1,02	-	-	1,28		
	Суспензія хлорели	1,25	1,57	1,14	1,32	+0,30	+29,0			
	Nostoc	1,13	1,42	1,00	1,18	+0,16	+15,6			
	Фітомаре	1,33	1,70	1,26	1,43	+0,41	+39,7			
Передпосівна обробка насіння + позакореневе підживлення	Контроль (без обприскування)	1,04	1,30	0,92	1,09	-	-			
	Суспензія хлорели	1,36	1,70	1,22	1,43	+0,34	+31,3			
	Nostoc	1,21	1,51	1,08	1,27	+0,18	+16,6			
	Фітомаре	1,44	1,83	1,34	1,54	+0,45	+41,4			
Середнє		**1,28**	**1,61**	**1,16**	**1,35**					
$НІР_{05}$ фактор А		0,03	0,03	0,03	0,04					
$НІР_{05}$ фактор В		0,01	0,01	0,01	0,02					
$НІР_{05}$ взаємодія факторів		0,04	0,04	0,0						

Важливе значення мав і спосіб застосування біостимуляторів. За передпосівної обробки насіння середня урожайність становила 1,30 т/га, тоді як поєднання передпосівної обробки насіння з подальшими позакореневими підживленнями забезпечило 1,40 т/га. Отже, додаткове застосування біостимуляторів по вегетуючих рослинах сприяло підвищенню середньої урожайності на 0,10 т/га. При цьому ефект позакореневого застосування проявлявся в обох досліджуваних сортів.

Найбільш виражена різниця встановлена за фактором С – видом біостимулятора. У контрольних варіантах, де біостимулятори не застосовували, середня урожайність насіння становила 1,11 т/га. За використання суспензії зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris* + *Scenedesmus obliquus* урожайність зростала до 1,45 т/га, тобто на 0,34 т/га, або 30,6%, порівняно з контролем. Застосування Nostoc забезпечувало середню урожайність 1,28 т/га, що на 0,17 т/га, або 15,3%, перевищувало контрольний рівень.

Найвищу середню урожайність серед досліджуваних біостимуляторів отримано за використання Фітомаре – 1,55 т/га. Порівняно з контролем приріст становив 0,44 т/га, або 39,6%. Таким чином, за середніми значеннями за 2024–2026 рр. ефективність досліджуваних біостимуляторів щодо формування урожайності можна розташувати в такій послідовності: Фітомаре > суспензія *Chlorella vulgaris* + *Scenedesmus obliquus* > Nostoc > контроль.

Водночас характер дії біостимуляторів залежав від сорту та способу їх застосування. У сорту Оксаніт за передпосівної обробки насіння урожайність у контрольному варіанті становила 1,13 т/га, за застосування суспензії зелених мікроводоростей – 1,45 т/га, Nostoc – 1,31 т/га, а Фітомаре – 1,55 т/га. Поєднання передпосівної обробки насіння з позакореневим застосуванням біостимуляторів підвищувало продуктивність ще більше: відповідно 1,19; 1,60; 1,38 та 1,69 т/га.

Найвищу урожайність у всьому досліді сформовано у варіанті сорт Оксаніт + передпосівна обробка насіння + триразове позакореневе застосування Фітомаре. Середня за 2024–2026 рр. урожайність у цьому варіанті становила 1,69 т/га, що на 0,50 т/га, або 42,3%, більше порівняно з відповідним контрольним варіантом цього сорту та способу застосування (1,19 т/га).

Досить високою була також урожайність за використання суспензії зелених мікроводоростей. У сорту Оксаніт за передпосівної обробки насіння та наступних позакореневих підживлень вона становила 1,60 т/га, що на 0,41 т/га, або 34,2%, перевищувало відповідний контроль.

Це підтверджує перспективність використання власної суспензії *Chlorella vulgaris + Scenedesmus obliquus* як біологічного чинника оптимізації технології вирощування коріандру.

У сорту Нектар загальна тенденція була аналогічною, хоча абсолютні значення урожайності були дещо нижчими. За передпосівної обробки насіння середня урожайність у контролі становила 1,02 т/га, за застосування суспензії зелених мікроводоростей – 1,32 т/га, Nostoc – 1,18 т/га, Фітомаре –1,43 т/га. За поєднання передпосівної обробки насіння з позакореневими підживленнями відповідні показники становили 1,09; 1,43; 1,27 та 1,54 т/га.

Максимальний показник для сорту Нектар – 1,54 т/га – також отримано за комплексного застосування Фітомаре, тобто за передпосівної обробки насіння та подальших позакореневих підживлень. Приріст щодо відповідного контролю становив 0,45 т/га, або 41,4%.

Отже, аналіз урожайності насіння показує, що поєднання передпосівної обробки насіння з наступним триразовим позакореневим застосуванням біостимулятора було більш результативним, ніж використання лише передпосівної обробки. Найвищу продуктивність забезпечив сорт Оксаніт, а серед досліджених біостимуляторів – Фітомаре. Водночас високі показники, отримані за використання суспензії зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris + Scenedesmus obliquus*, свідчать про її значний потенціал у технології вирощування коріандру.

Таким чином, за сукупністю отриманих даних найкращим варіантом формування урожайності насіння коріандру в умовах досліду виявилося поєднання сорту Оксаніт, передпосівної обробки насіння та триразового позакореневого застосування Фітомаре, за якого середня урожайність за 2024–2026 рр. досягала 1,69 т/га.

Результати досліджень (табл. 3) показали, що збір ефірної олії з насіння коріандру посівного змінювався залежно від сортових особливостей, способу застосування та виду біостимулятора. Показник збору ефірної олії є комплексною характеристикою продуктивності культури, оскільки визначається одночасно урожайністю насіння та вмістом у ньому ефірної олії.

У середньому за 2024–2026 рр. збір ефірної олії по досліду становив 37,12 кг/га. Серед сортів вищий рівень показника сформувався у Оксаніту – 39,80 кг/га, тоді як у сорту Нектар – 34,44 кг/га, тобто на 5,36 кг/га менше.

Таблиця 3

Збір ефірної олії з насіння коріандру посівного залежно від обприскування рослин регуляторами росту в період вегетації, (2024-2026 рр.)

Спосіб застосування (фактор В)	Біостимулятор (фактор С)	Вміст ефірної олії, %	Приріст		Середнє по фактору А		Середнє по фактору В	
			кг/га	%	вміст ефірної олії, %	збір ефірної олії, кг/га	вміст ефірної олії, %	збір ефірної олії, кг/га
Передпосівна обробка насіння	Контроль (без обприскування)	0,79	-	-	0,95	39,80	0,89	37,11
	Суспензія хлорели	0,99	+9,10	+27,9				
	Nostoc	0,89	+5,27	+16,2				
	Фітомаре	1,06	+11,57	+35,5				
Передпосівна обробка насіння + позакореневе підживлення	Контроль (без обприскування)	0,82	-	-				
	Суспензія хлорели	1,01	+10,13	+30,3				
	Nostoc	0,92	+5,40	+16,1				
	Фітомаре	1,10	+12,50	+37,3				
Передпосівна обробка насіння	Контроль (без обприскування)	0,72	-	-	0,86	34,44	0,92	37,13
	Суспензія хлорели	0,90	+8,23	+28,2				
	Nostoc	0,82	+5,27	+18,0				
	Фітомаре	0,97	+10,27	+35,2				
Передпосівна обробка насіння + позакореневе підживлення	Контроль (без обприскування)	0,75	-	-				
	Суспензія хлорели	0,93	+7,63	+27,0				
	Nostoc	0,84	+4,77	+16,8				
	Фітомаре	0,99	+9,37	+33,1				
Середнє		**0,91**						
$НІР_{05}$ фактор А $НІР_{05}$ фактор В $НІР_{05}$взаємодія факторів		0,03 0,01 0,04	0,03 0,01 0,0		0,04 0,02			

Таким чином, сорт Оксаніт характеризувався вищою ефірноолійною продуктивністю та краще реалізовував свій потенціал за досліджуваних умов вирощування.

Застосування біостимуляторів забезпечувало підвищення збору ефірної олії порівняно з відповідними контрольними варіантами. За передпосівної обробки насіння середній збір ефірної олії становив 37,11 кг/га, а за поєднання передпосівної обробки з наступними позакореневими підживленнями – 37,13 кг/га. Отже, за середніми даними за три роки різниця між способами застосування була незначною – 0,02 кг/га, хоча в межах окремих сортів і біостимуляторів спостерігалися певні відмінності.

Найвищу ефірноолійність продукції забезпечило застосування Фітомаре. Середній збір ефірної олії за цим варіантом становив 41,83 кг/га, що на 10,93 кг/га, або 35,4%, перевищувало контрольний рівень (30,90 кг/га). За використання суспензії зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris* + *Scenedesmus obliquus* збір ефірної олії становив 39,68 кг/га, що на 8,78 кг/га, або 28,4%, більше контролю. Застосування Nostoc забезпечило 36,08 кг/га, тобто приріст до контролю становив 5,18 кг/га, або 16,8%.

У сорту Оксаніт за передпосівної обробки насіння збір ефірної олії у контрольному варіанті становив 32,60 кг/га. Застосування суспензії зелених мікроводоростей підвищувало його до 41,70 кг/га, Nostoc – до 37,87 кг/га, а Фітомаре – до 44,17 кг/га. За поєднання передпосівної обробки насіння з позакореневими підживленнями відповідні значення становили 33,50; 43,63; 38,90 та 46,00 кг/га.

Максимальний збір ефірної олії в досліді – 46,00 кг/га – отримано у сорту Оксаніт за поєднання передпосівної обробки насіння з триразовим позакореневим застосуванням Фітомаре. Приріст порівняно з відповідним контролем становив 12,50 кг/га, або 37,3%.

У сорту Нектар також простежувалася аналогічна закономірність. За передпосівної обробки насіння збір ефірної олії зростав від 29,20 кг/га у контролі до 37,43 кг/га за застосування суспензії зелених мікроводоростей, 34,47 кг/га – за використання Nostoc та 39,47 кг/га – за застосування Фітомаре. Поєднання передпосівної обробки насіння з позакореневими підживленнями забезпечувало відповідно 28,30; 35,93; 33,07 та 37,67 кг/га.

Таким чином, за комплексною оцінкою урожайності насіння та вмісту ефірної олії найвищу ефірноолійну продуктивність коріандру сформовано у сорту Оксаніт за поєднання передпосівної обробки насіння та триразового позакореневого застосування Фітомаре. За цього варіанта отримано 1,69 т/га насіння, 1,10% ефірної олії та 46,00 кг/га її збору, що характеризує його як найбільш продуктивне поєднання досліджуваних факторів.

Водночас високі значення за використання власної суспензії *Chlorella vulgaris* + *Scenedesmus obliquus* – 43,63 кг/га у сорту Оксаніт за комплексного застосування – підтверджують перспективність мікроводоростей як біологічного компонента технології вирощування коріандру посівного.

Висновки. За результатами досліджень 2024–2026 рр. встановлено, що формування продуктивності коріандру посівного залежало від сортових особливостей, способу застосування та виду біостимулятора. Найвищі значення урожайності насіння, вмісту та збору ефірної олії формувалися переважно за використання Фітомаре та суспензії зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris* + *Scenedesmus obliquus*.

Сорт Оксаніт перевищував сорт Нектар за основними показниками продуктивності. У середньому за 2024–2026 рр. урожайність насіння Оксаніту становила 1,41 т/га проти 1,28 т/га у Нектару, вміст ефірної олії – відповідно 0,95 і 0,86%, а її збір – 39,80 і 34,44 кг/га.

Поєднання передпосівної обробки насіння з подальшим позакореневим застосуванням біостимуляторів забезпечувало підвищення урожайності насіння з 1,30 до 1,40 т/га та вмісту ефірної олії з 0,89 до 0,92% порівняно з використанням лише передпосівної обробки. За збором ефірної олії середні значення за двох способів застосування були практично однаковими – 37,11 та 37,13 кг/га.

Найвищу середню урожайність насіння серед досліджуваних біостимуляторів забезпечило Фітомаре – 1,55 т/га, що на 0,44 т/га (39,6%) більше порівняно з контролем. За застосування суспензії зелених мікроводоростей урожайність становила 1,45 т/га, а за Nostoc – 1,28 т/га, проти 1,11 т/га у контролі.

Найвищий середній вміст ефірної олії отримано за застосування Фітомаре – 1,03%, тоді як за суспензії *Chlorella vulgaris* + *Scenedesmus obliquus* він становив 0,96%, за Nostoc – 0,87%, у контролі – 0,77%. Таким чином, використання біостимуляторів сприяло підвищенню олійності насіння коріандру.

За збором ефірної олії найвищий середній показник також отримано за застосування Фітомаре – 41,83 кг/га, що на 10,93 кг/га (35,4%) перевищувало контроль. За використання суспензії зелених мікроводоростей збір ефірної олії становив 39,68 кг/га, або на 8,78 кг/га (28,4%) більше контролю; за Nostoc – 36,08 кг/га, що на 5,18 кг/га (16,8%) більше контрольного рівня.

Найвищу продуктивність за всіма основними показниками сформовано у варіанті сорт Оксаніт + передпосівна обробка насіння + триразове позакореневе застосування Фітомаре у фази розетки, стеблування та бутонізації. За цього поєднання середня за 2024–2026 рр. урожайність насіння становила 1,69 т/га, вміст ефірної олії – 1,10%, а її збір – 46,00 кг/га. Приріст урожайності до відповідного контролю становив 0,50 т/га (42,3%), а збору ефірної олії – 12,50 кг/га (37,3%).

Високі показники продуктивності за використання власної суспензії зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris* + *Scenedesmus obliquus* – урожайність насіння до 1,60 т/га, вміст ефірної олії до 1,01% та її збір до 43,63 кг/га свідчать про перспективність її застосування у технології вирощування коріандру посівного. Найбільш результативним за сукупністю досліджених показників виявилося поєднання сорту Оксаніт із передпосівною обробкою насіння та наступними позакореневими підживленнями Фітомаре.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Грабовецька О.А., Петренко С.О., Поздняков В.Ю. Динаміка вегетативного та генеративного розвитку коріандру посівного (*Coriandrum sativum* L.). залежно від строків сівби. *Таврійський науковий вісник. Серія*:

2026. Вип. 146. Частина 1. С. 180-191. DOI https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.20
2. Грабовецька О.А., Петренко С.О., Поздняков В.Ю. Вплив біостимуляторів та суспензій мікроводоростей на посівні якості коріандру посівного (*Coriandrum sativum* L.). *Таврійський науковий вісник. Серія*: 2026. Вип. 147. Частина 2. С. 138-145. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.2.18
3. Балабан В.М. Вплив біостимуляторів на ріст, розвиток та продуктивність сорго віникового (*Sorghum vulgare var. technicum*). *Аграрні інновації*. 2026. № 36. С. 38-43. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.36.5
4. Методика польового досліду (Зрошуване землеробство): *навчальний посібник.* В. О. Ушкаренко, Р. А. Вожегова, С. П. Голобородько, С. В. Коковіхін. Херсон: Грінь Д.С., 2014. 448 с.
5. 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
6. 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
7. Петренко С. О., Поздняков В. Ю. Вплив суспензій мікроводоростей на посівні якості коріандру посівного (*Coriandrum sativum* L.) *Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених з нагоди Дня науки в Україні «ІННОВАЦІЇ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ АГРОСФЕРИ: НАУКОВІ ТА ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ»* 15 травня 2026 року. Одеса. Україна. 2026. С. 15-17.
8. Петренко С., Грабовецька О., Поздняков В. Вплив суспензій мікроводоростей на лабораторні показники посівних якостей коріандру посівного (*Coriandrum sativum* L.). *Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції «Україна – стратегічний центр розвитку водоростевої біоекономіки Європи CO_2 → ЖИТТЯ → МАЙБУТНЄ»* Київ, 22-23 квітня 2026 року. Київ, КАУ НААН. 2026. С. 79-88
9. Бараболя О. В., Пащенко І. В. Вплив строків сівби та мікродобрив на продуктивність сої в умовах лісостепу України. *Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки.* 2023. Вип. 132. С. 10–20. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.132.2
10. Конопльов О. В. Вплив мінерального живлення на продуктивність коріан-дру сортів Янтар та Нектар. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету.* 2004. № 1. С. 53–55.
11. Козелець Г. М., Іщенко В. А. Сортові та агротехнічні особливості підви-щення продуктивності коріандру в умовах Північного степу України. *Наукові доповіді НУБІП,* 2013-1 (37). URL: http://nd.nubip.edu.ua/2013_1/13kgm.pdf
12. Манушкіна Т. М., Леонова Т. М., Кібко Т. В. Вплив біопрепаратів на ріст і розвиток рослин, урожайність та якість коріандра посівного в умовах зміни клімату. Вплив змін клімату на онтогенез рослин: *Матеріали доповідей Міжнародної науково-практичної конференції (Миколаїв, 3–5 жовтня 2018 року)*. Миколаїв, 2018. С. 22–24.
13. Поздняков В. Ю., Грабовецька О. А., Петренко С. О. Вплив біопрепаратів на стресостійкість та підвищення врожайності і якості ефіроолійної сиро-вини коріандру. Селекція агрокультур в умовах змін клімату: напрями та пріоритети: *Збірник матеріалів IV Міжнародної науково-практичної конференції. Одеса.* Одеса. 2025. С. 122–125. https://www.doi.org/10.32782/12092025
14. Строяновський В. С., Хоміна В. Я., Гаврилюк В. Б. Продуктивність ефіро-олійних культур родини Apiaceae залежно від технологічних факторів. Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика: *Збірник тез доповідей Міжнародної наукової Інтернет-конференції (Тернопіль, 20 листопада 2019 р.).* Тернопіль: ТНЕУ, 2019. С. 187–188.
15. Уляничч О. І., Філонова О. М. Інноваційні елементи технології виро-щування коріандру посівного. *Наукові доповіді НУБіП.* 2011. № 3 (25). URL. : http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/Nd/2011_3/11uoi.pdf7.
16. Хоміна В. Я. Обґрунтування елементів технології вирощування коріандру посівного (*Coriander savitum*) в умовах Лісостепу Західного. *Техніка і технології АПК.* № 3. С. 16–19.

REFERENCES:

1. Hrabovetska, O. A., Petrenko, S. O., & Pozdniakov, V. Yu. (2026) Dynamika vehetatyvnoho ta heneratyvnoho rozvytku koriandru posivnoho (*Coriandrum sativum* L.) zalezhno vid strokiv sivby [Dynamics of vegetative and generative development of coriander (*Coriandrum sativum* L.) depending on sowing dates]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. *Seriia*: *Silskohospodarski nauky*, 146, 1, 180–191. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2025.146.1.20 [in Ukrainian]
2. Hrabovetska, O. A., Petrenko, S. O., & Pozdniakov, V. Yu. (2026) Vplyv biostymuliatoriv ta suspenzii mikrovodorostei na posivni yakosti koriandru posivnoho (*Coriandrum sativum* L.) [Effect of biostimulants and microalgae suspensions on the sowing qualities of coriander (*Coriandrum sativum* L.)]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriia: Silskohospodarski nauky,* 147, 2, 138–145. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.147.2.18 [in Ukrainian].
3. Balaban, V. M. (2026). Vplyv biostymuliatoriv na rist, rozvytok ta produktyvnist sorho vinykovoho (*Sorghum vulgare var. technicum*) [Effect of biostimulants on growth, development and productivity of broomcorn (*Sorghum vulgare var. technicum*)]. *Ahrarni innovatsii*, 36, 38–43. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.36.5 [in Ukrainian]
4. 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]
5. 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].
6. Vozhehova, R. A., Lavrynenko, Yu. O., Marchenko, T. Yu., Piliarska, O. O., & Mishchenko, S. V. (2022). Masa 1000 zeren ta urozhainist hibrydiv kukurudzy zalezhno vid hustoty posivu ta obrobitku 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].
7. Petrenko, S. O., & Pozdniakov, V. Yu. (2026). Vplyv suspenzii mikrovodorostei na posivni yakosti koriandru posivnoho (*Coriandrum sativum* L.) [The influence of microalgae suspensions on the sowing qualities of coriander (*Coriandrum sativum* L.)]. *In Innovatsii dlia staloho rozvytku ahrosfery: naukovi ta tekhnichni rishennia: Zbirnyk materialiv Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh vchenykh z nahody Dnia nauky v Ukraini (Odesa, May 15, 2026)* (pp. 15–17). Odesa. [in Ukrainian].
8. Petrenko, S., Hrabovetska, O., & Pozdniakov, V. (2026). Vplyv suspenzii mikrovodorostei na laboratorni pokaznyky posivnykh yakostei koriandru posivnoho (Coriandrum sativum L.) [The influence of microalgae suspensions on laboratory indicators of sowing qualities of coriander (Coriandrum sativum L.)]. *In Ukraina – stratehichnyi tsentr rozvytku vodorostevoi bioekonomiky Yevropy CO_2 → ZHYTTIA → MAIBUTNIE*: *Zbirnyk materialiv Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii* (Kyiv, April 22-23, 2026) (pp. 79–88). Kyiv: KAU NAAN. [in Ukrainian].
9. Barabolya, O. V., & Pashchenko, I. V. (2023). Vplyv strokiv sivby ta mikrodobryv na produktyvnist soi v umovakh lisostepu Ukrainy [The impact of sowing time and micro-fertilizers on soybean productivity in Forest-Steppe of Ukraine]. *Tavria Scientific Bulletin. Series: Agricultural Sciences,* (132), 10–20. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.132.2
10. Konoplov, O. V. (2004). Vplyv mineralnoho zhyvlennia na produktyvnist koriandru sortiv Yantar ta Nektar [The influence of mineral nutrition on the productivity of coriander varieties Yantar and Nektar]. *Visnyk Dnipropetrovskoho derzhavnoho ahrarnoho universytetu,* (1), 53–55. [in Ukrainian].
11. Kozelets, H. M., & Ishchenko, V. A. (2013). Sortovi ta ahrotekhnichni osoblyvosti pidvyshchennia produktyvnosti koriandru v umovakh Pivnichnoho stepu Ukrainy [Varietal and agrotechnical features of increasing coriander productivity in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine]. *Naukovi dopovidi NUBiP [Scientific Reports of NULES of Ukraine],* 2013-1(37). http://nd.nubip.edu.ua/2013_1/13kgm.pdf [in Ukrainian].
12. Manushkina, T. M., Leonova, T. M., & Kibko, T. V. (2018). Vplyv biopreparativ na rist i rozvytok roslyn, urozhainist ta yakist koriandra posivnoho v umovakh zminy klimatu [The influence of biological products on the growth and development of plants, yield and quality of coriander in conditions of climate change]. In Vplyv zmin klimatu na ontohenez: *Materialy dopovidei Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (Mykolaiv, October 3–5, 2018*) (pp. 22–24). Mykolaiv. [in Ukrainian].
13. Pozdniakov, V. Yu., Hrabovetska, O. A., & Petrenko, S. O. (2025). Vplyv biopreparativ na stresostiikist ta pidvyshchennia vrozhainosti i yakosti efirooliinoi syrovyny koriandru [The influence of biological products on stress resistance and increasing the yield and quality of coriander essential oil raw material]. *In Selektsiia ahrokultur v umovakh zmin klimatu: napriamy ta priorytety*: *Zbirnyk materialiv IV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (Odesa, September 12, 2025)* Odesa. (pp. 122–125). https://www.doi.org/10.32782/12092025 [in Ukrainian].
14. Stroianovskyi, V. S., Khomina, V. Ya., & Havryliuk, V. B. (2019). Produktyvnist efirooliinykh kultur rodyny Apiaceae zalezhno vid tekhnolohichnykh faktoriv [Productivity of essential oil crops of the Apiaceae family depending on technological factors]. *In Suchasnyi stan nauky v silskomu hospodarstvi ta pryrodokorystuvanni: teoriia i praktyka: Zbirnyk tez dopovidei Mizhnarodnoi naukovoi Internet-konferentsii (Ternopil, November 20, 2019)* (pp. 187–188). Ternopil: TNEU. [in Ukrainian].
15. Ulianych, O. I., & Filonova, O. M. (2011). Innovatsiini elementy tekhnolohii vyroshchuvannia koriandru posivnoho [Innovative elements of coriander cultivation technology]. *Naukovi dopovidi NUBiP 2011-3(25).* URL. : http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/Nd/2011_3/11uoi.pdf7 [in Ukrainian].
16. Khomina, V. Ya. (2016). Obhruntuvannia elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia koriandru posivnoho (Coriandrum sativum) v umovakh Lisostepu Zakhidnoho [Substantiation of elements of the technology of cultivation of coriander (Coriandrum sativum) in the conditions of the Western Forest-Steppe]. *Tekhnika i tekhnolohii APK,* (3), 16–19 [in Ukrainian].

Поздняков В.Ю., Петренко С.О. Вплив біостимуляторів на урожайність та ефірноолійну продуктивність коріандру посівного *(Coriandrum sativum L.)*

Мета. Встановлення впливу сорту, біостимуляторів та способів їх застосування на формування урожайності насіння і ефірноолійної продуктивності коріандру посівного (*Coriandrum sativum* L.), а також визначення частки впливу досліджуваних факторів та їх взаємодії на основі статистичної оцінки отриманих результатів. **Методи.** Дослідження проведено у 2024–2026 рр. в умовах СГ «В. В. Плакущенко» Одеської області. У трифакторному польовому досліді вивчали сорти коріандру Оксаніт і Нектар, способи застосування біостимуляторів – передпосівну обробку насіння та її поєднання з триразовим позакореневим підживленням у фази розетки, стеблування та бутонізації, а також біостимулятори: суспензію зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris* + *Scenedesmus obliquus*, Nostoc та Фітомаре. Дослід закладали за схемою 2 × 2 × 4 із чотириразовою повторністю. Визначали урожайність насіння, вміст ефірної олії та її збір з одиниці площі. Отримані результати обробляли статистичними методами. **Результати.** Встановлено позитивний вплив застосування біостимуляторів на формування продуктивності коріандру посівного. За середніми даними 2024–2026 рр. сорт Оксаніт характеризувався вищою урожайністю насіння (1,41 т/га), вмістом ефірної олії (0,95%) та її збором (39,80 кг/га) порівняно із сортом Нектар – відповідно 1,28 т/га, 0,86% та 34,44 кг/га. Поєднання передпосівної обробки насіння з позакореневими підживленнями підвищувало середню урожайність до 1,40 т/га проти 1,30 т/га за використання лише передпосівної обробки. Найвищу середню урожайність насіння серед досліджуваних біостимуляторів забезпечило Фітомаре – 1,55 т/га, суспензія зелених мікроводоростей – 1,45 т/га, Nostoc – 1,28 т/га, тоді як у контролі цей показник становив 1,11 т/га. Аналогічна тенденція встановлена за вмістом ефірної олії: 1,03; 0,96; 0,87 та 0,77% відповідно. Середній збір ефірної олії за використання Фітомаре становив 41,83 кг/га, суспензії зелених мікроводоростей – 39,68 кг/га, Nostoc – 36,08 кг/га, у

контролі – 30,90 кг/га. Максимальні значення основних показників отримано у сорту Оксаніт за поєднання передпосівної обробки насіння з триразовим позакореневим застосуванням Фітомаре: урожайність насіння – 1,69 т/га, вміст ефірної олії – 1,10%, збір ефірної олії – 46,00 кг/га. Наукова новизна отриманих результатів полягає у встановленні закономірностей формування урожайності та ефірноолійної продуктивності коріандру посівного залежно від взаємодії сортових особливостей, способу застосування та виду біостимулятора в умовах Південного Степу України. Визначено найбільш результативне поєднання досліджуваних факторів для формування урожайності насіння, вмісту та збору ефірної олії. Практичне значення результатів дослідження полягає в обґрунтуванні доцільності використання біостимуляторів у технології вирощування коріандру посівного. Найбільш ефективним за сукупністю досліджуваних показників виявилося поєднання сорту Оксаніт, передпосівної обробки насіння та триразового позакореневого застосування Фітомаре. Високі показники, отримані за використання суспензії зелених мікроводоростей *Chlorella vulgaris* + *Scenedesmus obliquus*, підтверджують перспективність її застосування як біологічного компонента технології вирощування культури. **Висновок.** Застосування біостимуляторів сприяло підвищенню урожайності насіння, вмісту та збору ефірної олії коріандру посівного. Найвищу продуктивність сформовано у сорту Оксаніт за поєднання передпосівної обробки насіння з триразовим позакореневим застосуванням Фітомаре, що забезпечило урожайність 1,69 т/га, вміст ефірної олії 1,10% та її збір 46,00 кг/га.

Ключові слова: коріандр посівний, сорт, біостимулятори, *Chlorella vulgaris,* урожайність, ефірна олія, Південний Степ України.

Pozdniakov V.Yu., Petrenko S.O. Effect of Biostimulants on Seed Yield and Essential Oil Productivity of Coriander (*Coriandrum sativum* L.)

The purpose. Establishing the impact of variety, biostimulants, and application methods on the formation of seed yield and essential oil productivity of coriander (*Coriandrum sativum* L.), as well as determining the share of influence of the studied factors and their interactions based on statistical evaluation of the obtained results. **Methods.** The research was conducted in 2024–2026 under the conditions of the agricultural enterprise “V. V. Plakushchenko”, Odesa Region, Ukraine. A three-factor field experiment was conducted to study coriander cultivars Oksanit and Nektar, methods of biostimulant application – pre-sowing seed treatment and its combination with three foliar applications at the rosette, stem elongation and budding stages as well as the following biostimulants: a suspension of the green microalgae Chlorella vulgaris + Scenedesmus obliquus, Nostoc, and Fitomare. The experiment was established according to a 2 × 2 × 4 factorial design with four replications. Seed yield, essential oil content and essential oil yield per unit area were determined. The obtained data were processed using statistical methods. **Results.** A positive effect of biostimulant application on the formation of coriander productivity was established. According to the mean data for 2024–2026, the Oksanit cultivar was characterized by higher seed yield (1.41 t/ha), essential oil content (0.95%), and essential oil yield (39.80 kg/ha) compared with the Nektar cultivar – 1.28 t/ha, 0.86%, and 34.44 kg/ha, respectively. The combination of pre-sowing seed treatment with foliar applications increased the average seed yield to 1.40 t/ha compared with 1.30 t/ha when only pre-sowing seed treatment was used. Among the biostimulants studied, Fitomare provided the highest average seed yield – 1.55 t/ha, followed by the green microalgae suspension -1.45 t/ha, Nostoc -1.28 t/ha, while the control treatment resulted in 1.11 t/ha. A similar trend was observed for essential oil content: 1.03%, 0.96%, 0.87%, and 0.77%, respectively. The average essential oil yield with Fitomare application was 41.83 kg/ha, compared with 39.68 kg/ha for the green microalgae suspension, 36.08 kg/ha for Nostoc, and 30.90 kg/ha in the control. The maximum values of the main productivity indicators were obtained in the Oksanit cultivar when pre-sowing seed treatment was combined with three foliar applications of Fitomare: seed yield – 1.69 t/ha, essential oil content – 1.10%, and essential oil yield – 46.00 kg/ha. Scientific Novelty. The scientific novelty of the obtained results lies in establishing the patterns of coriander seed yield and essential oil productivity formation depending on the interaction of cultivar characteristics, application method, and type of biostimulant under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. The most effective combination of the studied factors for achieving high seed yield, essential oil content, and essential oil yield was identified. The practical significance of the research results lies in substantiating the feasibility of using biostimulants in coriander cultivation technology. The combination of the Oksanit cultivar, pre-sowing seed treatment, and three foliar applications of Fitomare proved to be the most effective based on the overall set of studied indicators. The high performance obtained with the suspension of the green microalgae Chlorella vulgaris + Scenedesmus obliquus confirms the potential of its use as a biological component of coriander cultivation technology. **Conclusion.** The application of biostimulants contributed to an increase in coriander seed yield, essential oil content, and essential oil yield. The highest productivity was achieved by the Oksanit cultivar when pre-sowing seed treatment was combined with three foliar applications of Fitomare, resulting in a seed yield of 1.69 t/ha, essential oil content of 1.10%, and essential oil yield of 46.00 kg/ha.

Key words: coriander (*Coriandrum sativum* L.), variety, biostimulants, *Chlorella vulgaris*, seed yield, essential oil, Southern Steppe of Ukraine.

Дата першого надходження статті до видання: 16.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 633.34:632.937:631.559
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.21

ФІТОСАНІТАРНИЙ СТАН І ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРТІВ СОЇ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ ФУНГІЦИДНОГО ЗАХИСТУ В УМОВАХ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

ПОСПЄЛОВА Г.Д. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0002-8030-1166
Полтавський державний аграрний університет
ШЕРЕШИЛО О.О. – аспірант кафедри захист рослин
orcid.org/0009-0004-9813-3342
Полтавський державний аграрний університет

Постановка проблеми. Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) є стратегічно важливою білково-олійною культурою, стабільність урожаїв якої значною мірою залежить від умов вирощування [1]. Глобальні зміни клімату, що супроводжуються тривалими періодами ґрунтової та повітряної посухи у поєднанні з температурним стресом, призводять до зниження імунного потенціалу рослин. За таких гідротермічних стресів особливої ваги набуває здатність культури до адаптації. Як наслідок значно зростає шкодочинність насіннєвої та ґрунтової інфекцій, розвиток яких тісно пов'язаний з агрокліматичними факторами. Серед домінуючих патогенів найчастіше виділяють збудників кореневих гнилей, фузаріозу, альтернаріозу, септоріозу та бактеріозів, які здатні викликати масову загибель проростків і суттєво знижувати густоту стояння рослин [2, 3]. Довгий час основним методом контролю фітопатогенів залишалося використання хімічних фунгіцидів [4]. Однак їх застосування часто супроводжується фітотоксичним (ретардантним) впливом на рослини на початкових етапах онтогенезу, особливо за умов дефіциту вологи. Крім того, традиційні хімічні протруйники часто демонструють недостатню або низьку ефективність проти бактеріальних збудників, які дедалі частіше домінують у патогенному комплексі насіння сої. У зв'язку з цим виникає необхідність пошуку та впровадження альтернативних, екологічно безпечних систем захисту рослин. Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) є стратегічно важливою білково-олійною культурою, стабільність урожаїв якої значною мірою залежить від умов вирощування. Глобальні зміни клімату, що супроводжуються тривалими періодами ґрунтової та повітряної посухи у поєднанні з температурним стресом, призводять до зниження імунного потенціалу рослин. За таких гідротермічних стресів особливої ваги набуває здатність культури до адаптації. Як наслідок значно зростає шкодочинність насіннєвої та ґрунтової інфекцій, розвиток яких тісно пов'язаний з агрокліматичними факторами. Серед домінуючих патогенів найчастіше виділяють збудників кореневих гнилей, фузаріозу, альтернаріозу, септоріозу та бактеріозів, які здатні викликати масову загибель проростків і суттєво знижувати густоту стояння рослин. Довгий час основним методом контролю фітопатогенів залишалося використання хімічних фунгіцидів. Однак їх застосування часто супроводжується фітотоксичним (ретардантним) впливом на рослини на початкових етапах онтогенезу, особливо за умов дефіциту вологи. Крім того, традиційні хімічні протруйники часто демонструють недостатню або низьку ефективність проти бактеріальних збудників, які дедалі частіше домінують у патогенному комплексі насіння сої. У зв'язку з цим виникає необхідність пошуку та впровадження альтернативних, екологічно безпечних систем захисту рослин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як свідчать результати сучасних досліджень [5], комбінована дія абіотичних факторів критично впливає на ростові процеси сої, а адаптація культури може регулюватися за допомогою біологічних препаратів [6, 7]. Дослідженнями [8, 9] доведено тісний зв'язок розвитку інфекцій з агрокліматичними чинниками та підтверджено зростання частки бактеріальних збудників, проти яких хімічні протруйники є малоефективними [10]. Висвітлюючи проблеми фітопатогенного комплексу сої, Голянчук Ю., Косилович Р., Поспєлова Г. та Нечипоренко Н. вказують на негативний вплив кореневих гнилей та інших хвороботворних організмів на густоту стояння рослин [2; 11], а Кирик М, Піковський М. та ін. [3] акцентують увагу на ретардантній дії хімічних фунгіцидів за дефіциту вологи. У зв'язку з цим у світовій і вітчизняній агрономічній практиці відбувається активний перехід до систем біологічного захисту рослин, де використання мікроорганізмів-антагоністів розглядається як високоефективна альтернатива хімічним пестицидам [12]. Особливу увагу науковців привертають гриби роду *Trichoderma* та бактерії роду *Bacillus*. Гриби *Trichoderma* spp. відомі здатністю до мікопаразитизму, конкуренції за поживні речовини та синтезу антифунгальних метаболітів [12], тоді як штами *Bacillus* spp. ефективно пригнічують грибні й бактеріальні патогени шляхом продукування ліпопептидів і ферментів, стимулюючи системну резистентність та ростові процеси сої [13].

Мета досліджень – наукове обґрунтування та порівняльна оцінка ефективності хімічних та біологічних систем фунгіцидного захисту сої для покращення фітосанітарного стану посівів і підвищення продуктивності сортів в умовах Лівобережного Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводилися протягом 2024-2025 рр. в умовах

© Поспєлова Г.Д., Шерешило О.О., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Кременчуцького району Полтавської області, в зоні Лівобережного Лісостепу України.

Двофакторний польовий дослід закладали методом рандомізованих блоків у чотирьох повтореннях. Облікова площа кожної ділянки становила 10 м^2. Схема досліду передбачала вивчення впливу сортових особливостей та передпосівної обробки насіння на фітосанітарний стан і продуктивність культури (табл. 1) [14].

Таблиця 1

Схема двофакторного польового досліду

Фактор А (сорт сої)	Фактор В (варіант передпосівної обробки насіння)
Антрацит	1. Контроль (обробка водою)
	2. Максим XL, т.к.с. (1,0 л/т)
	3. Трихофіт, р. (2,0 л/т) + Фітоцид, р. (0,6 л/т)
Аннушка	1. Контроль (обробка водою)
	2. Максим XL, т.к.с. (1,0 л/т)
	3. Трихофіт, р. (2,0 л/т) + Фітоцид, р. (0,6 л/т)

Агротехніка вирощування сої в досліді була загальноприйнятою для зони Лівобережного Лісостепу. Усі варіанти передпосівної обробки насіння досліджуваними хімічними та біологічними препаратами здійснювали на єдиному загальному фоні інокуляції препаратом Оптимайз 400, РК (1,8 л/т).

Польовий фітосанітарний моніторинг агроценозів здійснювали у ключові фази онтогенезу культури: сходи, 3-4 справжніх листки, цвітіння – початок утворення бобів, дозрівання. Поширеність хвороб розраховували за формулою: $P = (n / N) \times 100$, де P – поширеність хвороби, %; n – кількість уражених рослин; N – загальна кількість обстежених рослин. Інтенсивність розвитку хвороби визначали за формулою: $I = \Sigma(a \times b) / N$, де I – інтенсивність розвитку хвороби, %; a – кількість рослин із відповідним ступенем ураження; b – відсоток ураженої поверхні; N – загальна кількість обстежених рослин [15].

Облік біометричних і продуктивних показників (висота рослин, збереженість до збирання, кількість бобів і зернівок на рослині, маса 1000 насінин) та визначення біологічної й фактичної урожайності проводили за загальноприйнятими методиками сортовипробування сільськогосподарських культур. Агрокліматичний аналіз умов вегетації здійснювали з розрахунком гідротермічного коефіцієнта (ГТК).

Статистичну обробку результатів досліджень проводили методом двофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA). Достовірність різниці між варіантами оцінювали за критерієм найменшої істотної різниці ($НІР_{05}$) для головних ефектів (сорт, варіант передпосівної обробки насіння) та їх взаємодії. Аналітичні розрахунки, побудову кореляційних матриць зв'язку між погодними умовами, ураженістю та продуктивністю, а також графічну візуалізацію даних виконували в середовищі програмування R [16].

Результати досліджень. Агрокліматичні умови років проведення досліджень істотно відрізнялися за температурним режимом і рівнем зволоження, що відповідало загальним тенденціям. Вегетаційний період 2024 р. характеризувався вираженим дефіцитом опадів, особливо в липні–серпні, коли ГТК становив 0,00-0,01, що свідчило про гостру посуху (рис. 1).

Лише червень мав достатній рівень зволоження за рахунок значної кількості опадів, де ГТК дорівнював 1,46. У цілому за травень-вересень 2024 р. розрахунковий ГТК становив 0,34, що вказує на посушливі умови вегетації сої. Погодні умови 2025 р. виявилися менш жорсткими: травень характеризувався достатнім зволоженням (ГТК = 1,30), липень – близьким до оптимального (ГТК = 0,97), однак у червні, серпні та вересні відмічався дефіцит вологи. За весь період вегетації травень-вересень 2025 р. розрахунковий ГТК становив 0,70, що відповідає недостатньому зволоженню.

Відмінності погодних умов попередніх років вирощування вплинули на формування насіннєвого матеріалу та його вихідний фітосанітарний стан. Фітопатологічна діагностика показала, що сорти сої характеризувалися різним рівнем загальної інфікованості насіння (рис. 1). Сорт Антрацит мав вище патогенне навантаження: загальна інфікованість насіння становила 30,5 % у 2024 р. та 34,0 % у 2025 р., що формувало підвищений очікуваний рівень фітосанітарного ризику. Насіння сорту Аннушка відзначалося дещо кращими показниками: інфікованість перебувала на рівні 26,5 % у 2024 р. (середній ризик) та 29,5 % у 2025 р. (від середнього до підвищеного ризику).

У структурі патогенного комплексу обох сортів абсолютно домінувала грибна інфекція, частка якої варіювала від 20,0 % до 25,5 % залежно від сорту та року досліджень. Бактеріальна інфекція діагностувалася значно рідше – в межах 2,5-3,8 %, а частка змішаної інфекції становила 4,0-4,7 %. Перед сівбою лабораторна схожість насіння перебувала в межах 82,0-84,5 % для сорту Антрацит і 84,0-86,0 % для сорту Аннушка. Отримані результати підтвердили необхідність застосування ефективних засобів передпосівного захисту для контролю переважно грибного комплексу з одночасною дією проти бактеріальних збудників.

Польовий фітосанітарний моніторинг засвідчив, що інтенсивність ураження рослин сої хворобами впродовж вегетації істотно залежала від варіанта передпосівної обробки насіння (рис. 2).

У фазу 3-4 справжніх листків поширеність кореневих гнилей на контрольних ділянках становила від 7,6 % до 10,5 % залежно від сорту та погодних умов року вирощування. Високий рівень ураження на початкових етапах розвитку тісно корелював з агрокліматичними стресорами. Дефіцит вологи у поєднанні з температурним стресом істотно пригнічував ростові процеси та знижував природний імунітет проростків. За таких умов сорт Антрацит, який мав вище вихідне інфекційне навантаження насіння, виявився більш вразливим до ґрунтових і насіннєвих патогенів, що й зумовило максимальні показники поширеності кореневих гнилей на його контрольних ділянках порівняно з сортом Аннушка.

Застосування хімічного еталона (Максим XL, т.к.с.) дозволило знизити цей показник до 2,1-2,8 %. Водночас комплексна біологізована обробка насіння композицією Трихофіт, р.+Фітоцид, р. продемонструвала еквівалентний захисний ефект, обмеживши поширеність кореневих гнилей на рівні 2,1-2,8 %. Технічна ефективність як

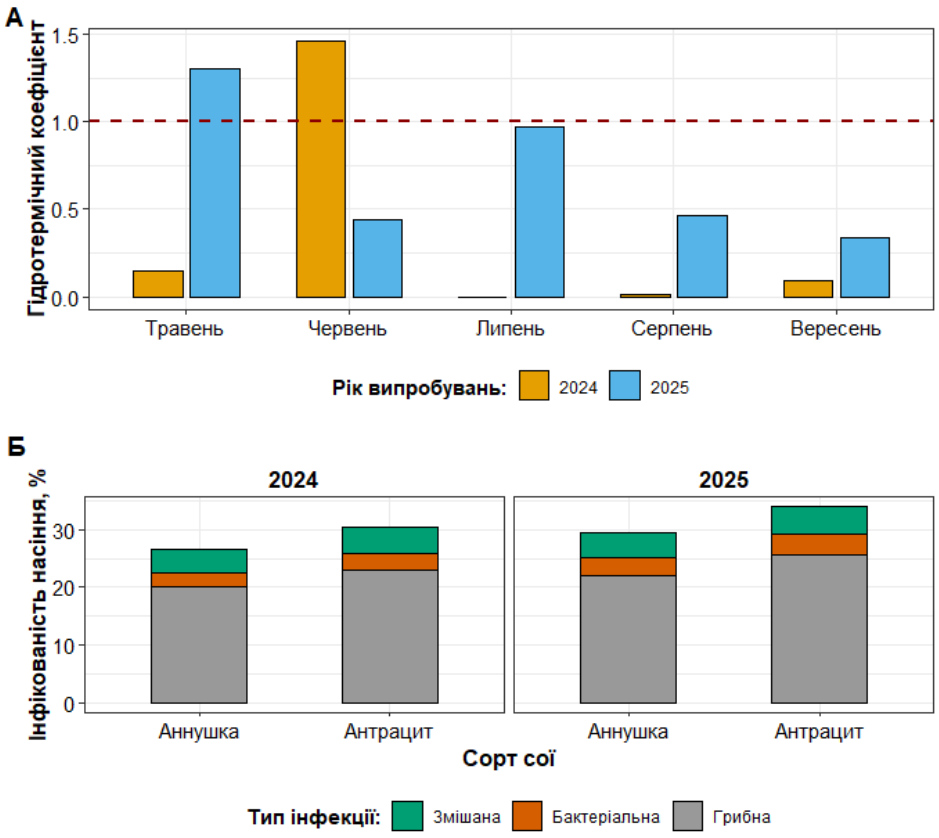


Рис. 1. Агрокліматичні умови вегетаційного періоду (А) та вихідна структура насіннєвої інфекції сортів сої (Б), 2024-2025 рр.

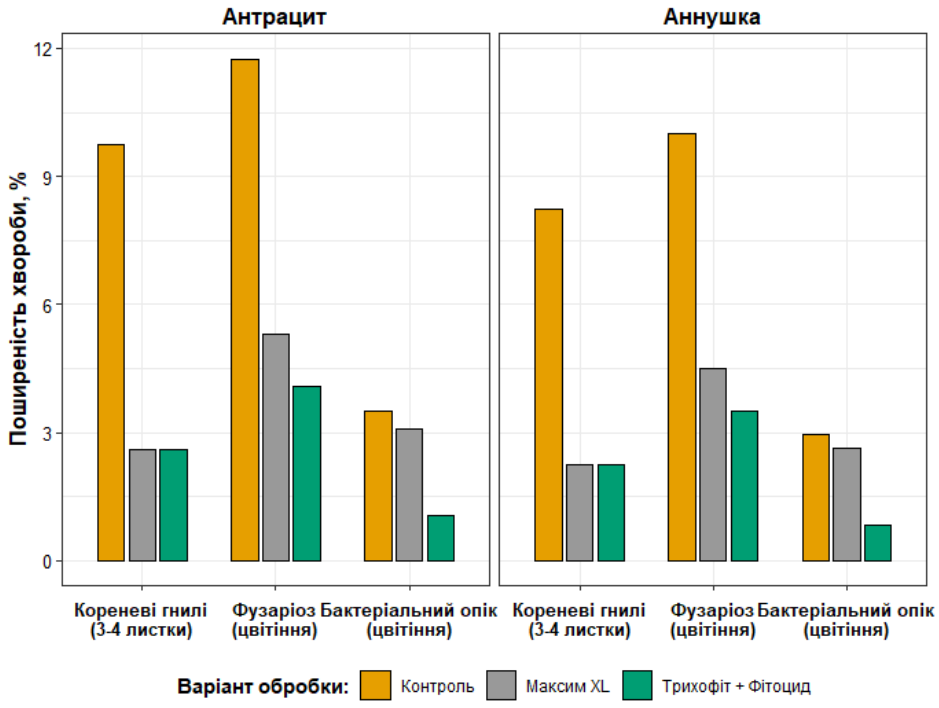


Рис. 2. Динаміка поширеності основних хвороб сої залежно від сорту та варіанта передпосівної обробки насіння, середнє за 2024-2025 рр.

хімічного, так і комплексного біологічного препаратів проти кореневих гнилей на цьому етапі була практично однаковою і досягала 72-73 %.

У пізніші фази онтогенезу (цвітіння – початок утворення бобів) спостерігалося активне наростання інфекційного фону. Поширеність фузаріозу в контрольному варіанті сягала 9,8-12,0 %. Обидва дослідні маркерні препарати (Максим XL, т.к.с. і композиція Трихофіт, р. + Фітоцид, р.) ефективно стримували розвиток патогену – до 4,4-5,4 % та 3,4-4,2 % відповідно. Проте ключова перевага біологічного підходу виявилася у контролі бактеріальної інфекції. Тоді як хімічний протруйник слабо пригнічував збудників бактеріозу (поширеність становила 1,9-4,0 %), спільний вплив біопрепаратів Трихофіт, р. і Фітоцид, р. забезпечив зниження прояву хвороби до мінімальних 0,6-1,3 %.

Такий синергічний ефект зумовлений відмінностями у механізмах дії препаратів. Хімічний еталон, будучи спеціалізованим фунгіцидом, ефективно блокує грибні інфекції, але не має бактерицидних властивостей. Натомість біологічна композиція забезпечує подвійний контроль: гриби роду *Trichoderma* (Трихофіт, р.) діють як активні конкуренти та гіперпаразити мікроміцетів, а бактеріальні агенти (Фітоцид, р.) продукують специфічні метаболіти й ферменти, які пригнічують розвиток бактеріальних патогенів. Спільне застосування цих препаратів дозволяє сформувати комплексний захисний бар'єр у ризосфері рослини на найбільш вразливих етапах її розвитку.

Комплексне зниження фітопатогенного навантаження закономірно відобразилося на підсумковому показнику збереженості рослин до збирання. Якщо на контролі він варіював у межах 85,0-90,0 %, то застосування композиції Трихофіт, р. + Фітоцид, р. забезпечило максимальне збереження густоти стояння рослин на рівні 93,0-97,0 %, що перевищувало показники ділянок із застосуванням хімічного еталона (88,0-93,0 %).

Важливим критерієм оцінювання ефективності передпосівної обробки є не лише стримування поширення інфекції, а й пригнічення інтенсивності розвитку хвороби на вже уражених тканинах (рис. 3).

Моніторинг кореневих гнилей у фази сходів та 3-4 справжніх листків виявив суттєві відмінності між хімічним і біологічним захистом. На контрольних ділянках інтенсивність розвитку кореневих гнилей у фазу 3-4 листків сягала 3,0-4,2 % залежно від сорту та року. Застосування препарату Максим XL знижувало цей показник до 1,1-1,6 %. Разом з тим, композиція Трихофіт, р. + Фітоцид, р. продемонструвала найвищу фунгістатичну активність: за однакової з хімічним еталоном поширеності хвороби, інтенсивність її розвитку була вдвічі нижчою і становила лише 0,6-0,8 %. Це свідчить про активний розвиток біологічних агентів в зоні ризосфери, що попереджує подальше поширення патогенного міцелію всередину тканин рослини.

Зниження інфекційного навантаження впродовж вегетації закономірно трансформувалося у підвищення

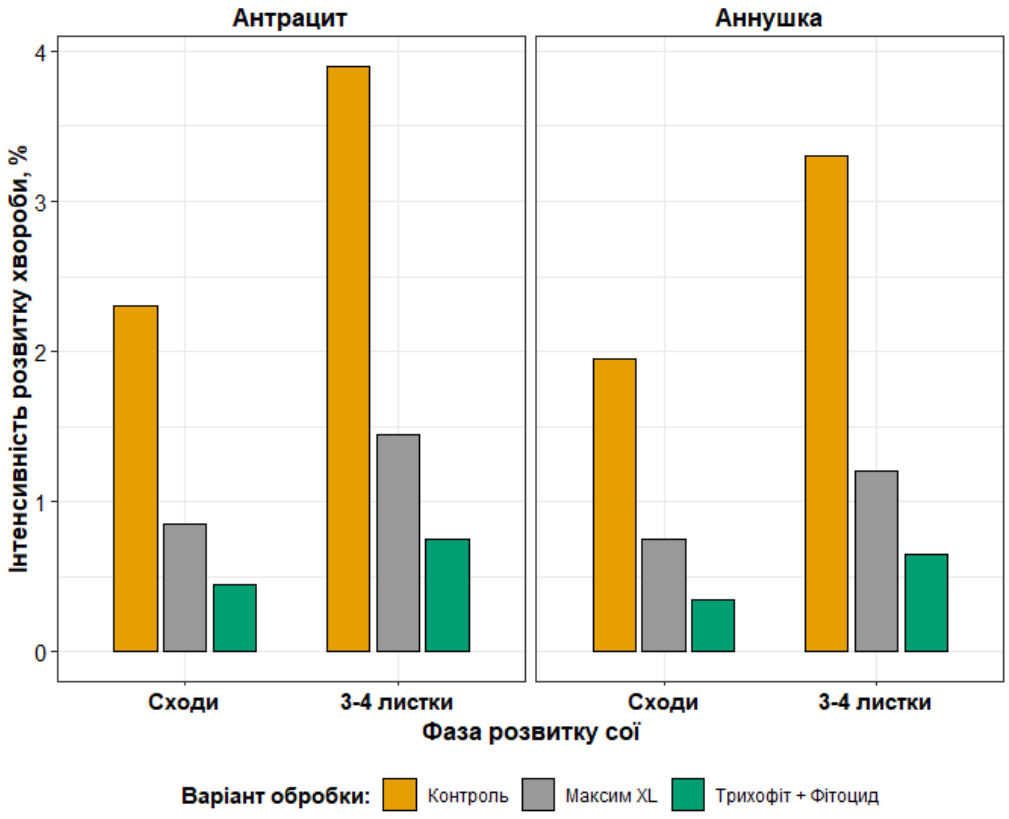


Рис. 3. Динаміка інтенсивності розвитку кореневої гнилі сої залежно від сорту та варіанта передпосівної обробки насіння, середнє за 2024-2025 рр.

Таблиця 2

Продуктивність сої та посівні якості насіння нового врожаю залежно від варіанта передпосівної обробки, 2024-2025 рр.

Рік	Сорт (фактор А)	Варіант обробки (фактор В)	Урожайність, т/га	Маса 1000 насінин, г	Лабораторна схожість, %	Загальна зараженість, %
2024	Антрацит	Контроль	1,63	154	82,0	29,5
		Максим XL, т.к.с.	1,85	158	84,0	24,5
		Трихофіт, р. + Фітоцид, р.	2,38	165	88,0	18,5
	Аннушка	Контроль	1,83	156	84,0	26,0
		Максим XL, т.к.с.	2,06	159	86,0	21,8
		Трихофіт, р. + Фітоцид, р.	2,52	164	90,0	16,5
		$НІР_{05}$(А)	0,08	1,4	1,2	1,6
		$НІР_{05}$(В)	0,11	1,8	1,7	2,1
		$НІР_{05}$ (АВ)	0,18	2,7	2,5	3,4
2025	Антрацит	Контроль	1,88	155	84,0	33,5
		Максим XL, т.к.с.	2,12	160	86,0	28,0
		Трихофіт, р. + Фітоцид, р.	2,60	165	90,0	21,5
	Аннушка	Контроль	2,03	155	86,0	30,0
		Максим XL, т.к.с.	2,27	158	88,0	25,0
		Трихофіт, р. + Фітоцид, р.	2,76	162	92,0	19,5
		$НІР_{05}$(А)	0,09	1,5	1,3	1,8
		$НІР_{05}$(В)	0,12	1,9	1,8	2,4
		$НІР_{05}$ (АВ)	0,20	2,9	2,7	3,7

продуктивності рослин сої (табл. 2). Найвищі показники урожайності обох сортів незалежно від умов зволоження забезпечило застосування біологічної композиції Трихофіт, р + Фітоцид, р.

Так, для сорту Аннушка урожайність з облікової ділянки у цьому варіанті становила 2,52 т/га у посушливому 2024 р. та 2,76 т/га у 2025 р., що достовірно перевищувало не лише контрольні показники, а й результати застосування хімічного еталона. Сорт Антрацит формував дещо нижчий рівень продуктивності, однак тенденція зберігалася: максимальну урожайність отримано саме за комплексної біологічної обробки. Такий істотний приріст урожайності став можливим завдяки оптимізації ключових елементів структури врожаю. По-перше, ефективне пригнічення кореневих гнилей забезпечило кращу збереженість рослин до збирання. По-друге, відсутність фітотоксичного стресу від протруйника та рістстимулююча дія мікроорганізмів сприяли активнішому формуванню генеративних органів – збільшенню кількості бобів і їх озерненості на рослині. При цьому, здоровіша коренева система та збережений асиміляційний апарат дозволили рослинам краще реалізувати потенціал наливу зерна навіть за умов водного дефіциту. Це чітко підтверджується зростанням маси 1000 насінин: у варіантах із біокомпозицією цей показник досягав 162-165 г порівняно з 154-156 г на контролі.

Окрім прямого впливу на продуктивність, передпосівний захист мав виражену післядію на фітосанітарну якість насіння нового врожаю. Фітоекспертиза насіння показала, що в контрольному варіанті загальна зараженість свіжозібраного насіння становила 26,0-33,5 %. Водночас на ділянках, де застосовували композицію Трихофіт, р. + Фітоцид, р., цей показник істотно знизився до 16,5-21,5 %, що перевищує похибку досліду ($НІР_{05}$= 1,6-3,7 %, табл. 2).

Проведений двофакторний дисперсійний аналіз довів статистичну значущість впливу дослідних факторів. Приріст урожайності та покращення посівних якостей за передпосівної обробки біопрепаратами суттєво перевищували змодельований показник найменшої істотної різниці ($НІР_{05}$) як для головних ефектів (сорт, обробка), так і для їх взаємодії.

Аналіз технічної ефективності препаратів проти кореневих гнилей у фазу 3-4 справжніх листків засвідчив, що хімічний еталон (Максим XL, т.к.с.) та комплексна біологізована обробка (Трихофіт, р. + Фітоцид, р.) забезпечили практично еквівалентний рівень фунгіцидного захисту. Залежно від сорту й агрокліматичних умов року, технічна ефективність обох варіантів стабільно перебувала на рівні 71,9-73,3 % (рис. 4).

Однак ключова відмінність між досліджуваними системами захисту виявилася у показнику приросту урожайності відносно контролю. Застосування базового хімічного

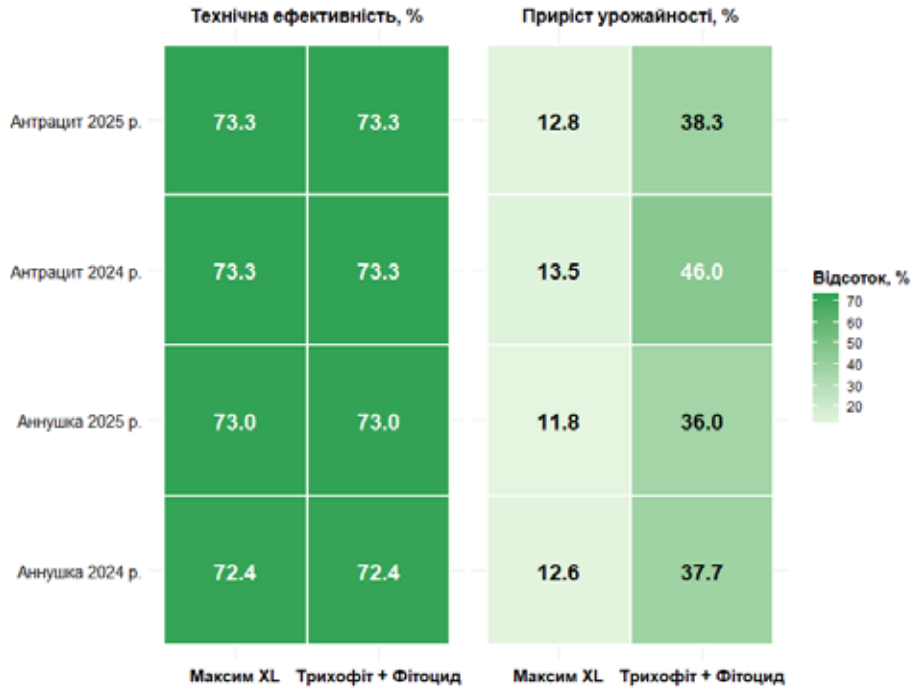


Рис. 4. Теплова карта ефективності застосування передпосівної обробки насіння сої

протруйника дозволило забезпечити збереження врожаю, що відобразилося у прирості продуктивності на рівні 11,8-13,5 %. Поряд з цим, композиція біопрепаратів Трихофіт, р. і Фітоцид, р. продемонструвала яскраво виражений рістстимулюючий ефект, забезпечивши приріст урожайності від 36,0 % до 46,0 % відносно контролю.

Такий розрив у продуктивності за однакового рівня контролю кореневих гнилей переконливо свідчить про те, що біологічні препарати не викликають ретардантного стресу на молоді проростки, який часто супроводжує дію хімічних фунгіцидів. Крім того, зниження частки бактеріальної інфекції за комплексної біологізованої обробки створює сприятливіші умови для реалізації біологічного потенціалу сортів сої як в умовах гострої посухи 2024 р., так і за недостатнього зволоження 2025 р.

Висновки

Встановлено, що за умов гідротермічних стресів комплексне застосування біопрепаратів Трихофіт, р. і Фітоцид, р. є високоефективною екологічною альтернативою хімічному захисту насіння сої. Біологічна композиція забезпечила технічну ефективність проти грибних кореневих гнилей на рівні 71,9-73,3 %, що еквівалентно дії базового фунгіциду Максим XL, т.к.с. та продемонструвала абсолютну перевагу на контролі бактеріозу, знизивши його поширеність до 0,6-1,3 %. Завдяки відсутності ретардантного впливу та прояву рістстимулюючого ефекту, біологічний захист сприяв формуванню достовірного приросту урожайності на 36,0-46,0 % до контролю (загальна урожайність сягала 2,38-2,76 т/га залежно від сорту), а хімічний еталон забезпечив приріст на 11,8-13,5 %. Доведено пролонговану фітосанітарну післядію біопрепаратів, що сприяла істотному підвищенню посівних якостей нового врожаю: загальна зараженість свіжозібраного насіння знизилася до 16,5-21,5 %, а лабораторна схожість зросла до 88,0-92,0 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Коробка А. А. Динаміка виробництва сої в Україні та світі. *Збалансоване природокористування.* 2021. № 4. С. 125–134. DOI: https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2021.253098
2. Голянчук Ю., Косилович Р. Грибні хвороби сої в умовах навчально-методичного центру Аграрного університету. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія.* 2019. Вип. 23. С. 170–172. DOI: https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.170.
3. Піковський М. Ю., Кирик М. М. Хвороби сої: діагностика, особливості розвитку та заходи захисту. *Пропозиція*. 2019. URL: https://propozitsiya.com/articles/ahrokhimiya-funhitsydy/khvoroby-korenevoyi-systemy-soyi
4. Притула О. В., Новікова Т. П. Ефективність дії фунгіцидів на посіві сої в умовах Правобережного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 131. С. 174–180. DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.131.22
5. Meta-analysis of drought and heat stress combination impact on crop yield and yield components / I Cohen et al. *Physiologia Plantarum*. 2021. Vol. 171(1). P. 66–76. DOI: https://doi.org/10.1111/ppl.13203
6. Чайка Т., Лотиш І. Вплив біопрепаратів на адаптивні властивості сої в органічному землеробстві за умов гідротермічного стресу. *Українська аграрна наука Причорномор'я*. 2025. Вип. 29(2). С. 34–49. DOI: https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/2.2025.34
7. Abscisic acid and biopreparations as markers of organic soybean adaptation to hydrothermal stress / T. Chaika et al. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*. 2025. Vol. 21(3). P. 76–95. DOI: https://doi.org/10.31548/dopovidi/3.2025.76

8. Поспєлова 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. № 3. С. 45–52. DOI: https://doi.org/10.31521/2313-092x/2020-3(107)-6
9. Балан Г. О., Ткачик С. О. Кластерний аналіз сортів сої по ураженню хворобами в Причорноморському степу України. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2019. № 92. С. 52. DOI: https://doi.org/10.37000/abbsl.2019.92.09
10. Вплив фунгіцидних протруйників на патогенний комплекс і лабораторну схожість насіння сої / Г. Д. Поспєлова та ін. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 1. С. 72–79. DOI: https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.08
11. Фунгіцидний захист посівів сої від кореневих гнилей / Г. Д. Поспєлова та ін. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26(3). С. 5–10. DOI: https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.01
12. *Trichoderma*: The "Secrets" of a Multitalented Biocontrol Agent / M. Sood et all. *Plants*. 2020. Vol. 9(6). Article number 762. DOI: https://doi.org/10.3390/plants9060762
13. Effective biocontrol of soybean root rot by a novel bacterial strain Bacillus siamensis HT1 / H. He et al. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 2023. Vol. 125. Article number 101984. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2023.101984
14. Методики випробування і застосування пестицидів / за ред. С. О. Трибеля. Київ : Світ, 2011. 448 с.
15. Основи наукових досліджень в агрономії / В. М. Положенець та ін. Житомир : Рута, 2024. 168 с.
16. R: A Language and Environment for Statistical Computing / R Core Team. Vienna : R Foundation for Statistical Computing, 2024. URL: https://www.R-project.org/

REFERENCES:

1. Korobka, A. A. (2021). Dynamika vyrobnytstva soi v Ukraini ta sviti [Dynamics of soybean production in Ukraine and the world]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia,* 4, 125-134. DOI: https://doi.org/10.33730/2310-4678.4.2021.253098 [in Ukrainian].
2. Holianchuk, Yu., & Kosylovych, R. (2019). Hrybni khvoroby soi v umovakh navchalno-metodychnoho tsentru Ahrarnoho universytetu [Fungal diseases of soybeans in the conditions of the educational and methodological center of the Agrarian University]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ahronomiia*, 23, 170-172. DOI: https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.170 [in Ukrainian].
3. Pikovskyi, M. Yu., & Kyryk, M. M. (2019). Khvoroby soi: diahnostyka, osoblyvosti rozvytku ta zakhody zakhystu [Diseases of soybeans: diagnosis, features of development and control measures]. *Propozytsiia.* Retrieved from https://propozitsiya.com/articles/ahrokhimiya-funhitsydy/khvoroby-korenevoyi-systemy-soyi [in Ukrainian].
4. Prytula, O. V., & Novikova, T. P. (2023). Efektyvnist dii funhitsydiv na posivi soi v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [The effectiveness of fungicides on soybean crops in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, 131, 174-180. DOI: https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.131.22 [in Ukrainian].
5. Cohen, I., Zandalinas, S. I., Huck, C., Fritschi, F. B., & Mittler, R. (2021). Meta-analysis of drought and heat stress combination impact on crop yield and yield components. *Physiologia Plantarum*, 171(1), 66-76. DOI: https://doi.org/10.1111/ppl.13203
6. Chaika, T., & Lotysh, I. (2025). Vplyv biopreparativ na adaptyvni vlastyvosti soi v orhanichnomu zemlerobstvi za umov hidrotermichnoho stresu [The effect of biopreparations on the adaptive properties of soybean in organic farming under hydrothermal stress]. *Ukrainska ahrarna nauka Prychornomoria*, 29(2), 34-49. DOI: https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/2.2025.34 [in Ukrainian].
7. Chaika, T., Korotkova, I., Liashenko, V., Pospielova, H., & Onipko, V. (2025). Abscisic acid and biopreparations as markers of organic soybean adaptation to hydrothermal stress. *Scientific Reports of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 21(3), 76–95. DOI: https://doi.org/10.31548/dopovidi/3.2025.76 [in Ukrainian].
8. Pospielova, H. D., Kovalenko, N. P., Nechyporenko, N. I., & Kocherha, V. Ya. (2020). Vplyv ahroklimatychnykh faktoriv na rozvytok osnovnykh khvorob sortiv soi [Influence of agroclimatic factors on the development of the main diseases of soybean varieties]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria*, 3, 45-52. DOI: https://doi.org/10.31521/2313-092x/2020-3(107)-6 [in Ukrainian].
9. Balan, H. O., & Tkachyk, S. O. (2019). Klasternyi analiz sortiv soi po urazhenniu khvorobamy v Prychornomorskomu stepu Ukrainy [Cluster analysis of soybean varieties by disease damage in the Black Sea steppe of Ukraine]. *Ahrarnyi visnyk Prychornomoria,* 92, 52-58. DOI: https://doi.org/10.37000/abbsl.2019.92.09 [in Ukrainian].
10. Pospielova, H. D., Kovalenko, N. P., Nechyporenko, N. I., Stepanenko, R. O., & Sherstiuk, O. L. (2021). Vplyv funhitsydnykh protruinykiv na patohennyi kompleks i laboratornu skhozhist nasinnia soi [Influence of fungicidal protectants on the pathogenic complex and laboratory germination of soybean seeds]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 1, 72-79. DOI: https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.09 [in Ukrainian].
11. Pospielova, H. D., Kovalenko, N. P., Nechyporenko, N. I., Kocherha, V. Ya., Hrechkosii, A. O., & Skliar, S. S. (2023). Funhitsydnyi zakhyst posiviv soi vid korenevykh hnylei [Fungicidal protection of soy crops against root rot]. *Scientific Progress & Innovations*, 26(3), 5-10. DOI: https://doi.org/10.31210/spi2023.26.03.01 [in Ukrainian].
12. Sood, M., Kapoor, D., Kumar, V., Sheteiwy, M. S., Ramakrishnan, M., Landi, M., Araniti, F., & Sharma, A. (2020). *Trichoderma*: The "Secrets" of a Multitalented Biocontrol Agent. *Plants*, 9(6), 762. DOI: https://doi.org/10.3390/plants9060762
13. He, H., Zhai, Q., Wang, Y., Gu, X., Pan, H., & Zhang, H. (2023). Effective biocontrol of soybean root rot by a novel bacterial strain Bacillus siamensis HT1. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 125, 101984. DOI: https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2023.101984
14. Trybel, S. O. (Ed.). (2011). *Metodyky vyprobuvannya i zastosuvannya pestytsydiv [Methods of testing and applying pesticides].* Kyiv: Svit, 448 p. [in Ukrainian].

15. Polozhenets, V. M., Nemerytska, L. V., Furdyha, M. M., Stankevych, S. V., & Rozhkova, T. O. (2024). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Fundamentals of scientific research in agronomy: Study guide].* Zhytomyr: Ruta, 168 p. [in Ukrainian].
16. R Core Team. (2024). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from https://www.R-project.org/

Поспєлова Г.Д., Шерешило О.О. Фітосанітарний стан і продуктивність сортів сої за різних систем фунгіцидного захисту в умовах Лівобережного Лісостепу України

Мета. Наукове обґрунтування та порівняльна оцінка ефективності хімічних і біологічних систем фунгіцидного захисту сої для покращення фітосанітарного стану посівів і підвищення продуктивності сортів в умовах Лівобережного Лісостепу України. **Методи.** Дослідження проводили протягом 2024-2025 рр. у Кременчуцькому районі Полтавської області. Двофакторний польовий дослід закладали методом рандомізованих блоків у чотирьох повтореннях (площа ділянки 10 м²). Схема передбачала вивчення сортів Антрацит і Аннушка (Фактор А) та варіантів передпосівної обробки насіння (Фактор В): контроль (вода), хімічний еталон Максим XL, т.к.с. (1,0 л/т) та біологічна композиція Трихофіт, р. (2,0 л/т) + Фітоцид, р. (0,6 л/т) на єдиному фоні інокуляції Оптимайз 400, РК (1,8 л/т). Проводили моніторинг поширеності та інтенсивності розвитку хвороб, облік елементів продуктивності (маса 1000 насінин, густота стояння, збереженість рослин), аналіз агрокліматичних умов за гідротермічним коефіцієнтом (ГТК), а також післязбиральну фітоекспертизу насіння нового врожаю. Статистичну обробку та двофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA) здійснювали в середовищі R з розрахунком $НІР_{05}$ та побудовою кореляційних матриць. **Результати.** За умов посушливого 2024 р. (ГТК = 0,34) та недостатнього зволоження 2025 р. (ГТК = 0,70) вихідна інфікованість насіння становила 26,5-34,0 % з абсолютним домінуванням грибних патогенів (20,0-25,5 %). Застосування композиції Трихофіт + Фітоцид забезпечило високу технічну ефективність проти кореневих гнилей на рівні 71,9-73,3 %, що є абсолютно еквівалентним хімічному еталону Максим XL. При цьому біопрепарати продемонстрували виражену фунгістатичну дію (інтенсивність розвитку хвороби у фазу 3-4 листків знизилася до 0,6–0,8 % проти 1,1-1,6 % на хімічному еталоні), а також суттєво обмежили поширеність бактеріозів (до 0,6-1,3 %). Відсутність ретардантного стресу та рістстимулююча дія біоагентів забезпечили збереженість рослин на рівні 93,0-97,0 % та достовірне зростання урожайності на 36,0-46,0 % відносно контролю (до 2,38-2,76 т/га), тоді як хімічний протруйник забезпечив приріст лише 11,8-13,5 %. **Висновки.** Доведено високу екологічну та економічну доцільність використання біопрепаратів Трихофіт і Фітоцид для захисту насіння сої за гідротермічних стресів. Установлено пролонговану післядію біокомпозиції на посівні якості насіння нового врожаю: зниження загальної зараженості до 16,5-21,5 % та зростання лабораторної схожості до 88,0-92,0 %.

Ключові слова: *Glycine max (L.) Merr.,* фітопатологічна експертиза, мікробіологічні фунгіциди, технічна ефективність, структура врожаю, посівні якості насіння.

Pospielova G.D., Shereshylo O.O. Phytosanitary status and productivity of soybean cultivars under different fungicidal protection systems in the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine

Purpose. Scientific substantiation and comparative evaluation of the effectiveness of chemical and biological soybean fungicidal protection systems to improve crop phytosanitary conditions and enhance yield performance under the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** The study was carried out during 2024–2025 in the Kremenchuk district of the Poltava region. A two-factor field experiment was arranged using a randomized block design with four replications (plot area 10 m²). The scheme included studying soybean cultivars Antratsyt and Annushka (Factor A) and seed treatment options (Factor B): control (water), chemical standard Maxim XL (1,0 L/t), and a biological complex Trichofit (2,0 L/t) + Phytocid (0,6 L/t) against the uniform background inoculation with Optimize 400 (1,8 L/t). Disease prevalence, development intensity, yield components (1000-seed weight, plant survival rate), hydrothermal coefficient (HTC), and post-harvest seed quality were monitored. Statistical processing and two-way ANOVA were executed in the R programming environment calculating LSD_{05} and correlation matrices. **Results.** Under dry weather conditions in 2024 (HTC = 0.34) and insufficient moisture in 2025 (HTC = 0,70), initial seed infection ranged from 26,5% to 34,0%, dominated by fungal pathogens (20,0-25,5%). The biological composition Trichofit + Phytocid achieved high technical efficacy against root rots at 71,9-73,3%, equivalent to the chemical standard Maxim XL. Concurrently, biologicals displayed higher fungistatic activity (disease severity at the 3-4 leaf stage dropped to 0,6-0,8% compared to 1,1-1,6% for Maxim XL) and effectively controlled bacteriosis prevalence (down to 0,6-1,3%). Due to the absence of retardant stress and active growth stimulation, plant survival reached 93,0–97,0%, leading to a yield capacity increase of 36,0-46,0% over the control (up to 2,38-2,76 t/ha), compared to an 11,8-13,5% increase provided by the chemical protectant. **Conclusions.** The high ecological and agronomic efficiency of Trichofit and Phytocid biopreparations for soybean seed protection under hydrothermal stress conditions was proven. A prolonged post-effect on the seed quality of the new harvest was established: overall seed infection decreased to 16,5-21,5%, while laboratory germination increased to 88,0-92,0%.

Key words: *Glycine max (L.) Merr.,* phytopathological seed examination, microbiological fungicides, technical efficacy, yield components, seed quality

Дата першого надходження статті до видання: 09.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 631.1.017:635.64:631.524.85(477)
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.22

ДИНАМІКА ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РИНКУ ПАСЛЬОНОВИХ КУЛЬТУР В УКРАЇНІ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

СЄВІДОВ В.П. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-3826-5149
Державний біотехнологічний університет
СЄВІДОВ І.В. – доктор філософії за спеціальністю 201 – Агрономія
orcid.org/0000-0003-1627-8296
Державний біотехнологічний університет

Постановка проблеми. Повномасштабна військова агресія проти України спричинила безпрецедентну деструкцію агропромислового комплексу держави, повністю зруйнувавши традиційні логістичні ланцюги та стабільну регіональну спеціалізацію виробництва овочевої продукції. Найбільш критичних втрат зазнав сегмент теплолюбних пасльонових овочів, серед яких головними ринковими фаворитами виступають томати, перець солодкий та баклажани. До 2022 року понад 70% промислового валу цих культур було зосереджено на зрошувальних землях Південного Степу України (Херсонська, Запорізька та Миколаївська області) [1, 2]. Тимчасова окупація південних територій, мінування угідь та підрив Каховської ГЕС призвели до втрати основних сировинних баз, викликавши гострий дефіцит томатів, перцю та баклажанів на внутрішньому ринку, що супроводжувалося стрімким зростанням цін [3-5]. За таких умов виникла гостра необхідність оперативного переформатування архітектоніки ринку, просторової релокації виробничих потужностей у Центральні та Західні регіони України, а також наукового обґрунтування технологічних і селекційних підходів до адаптації цих трьох культур до умов Лісостепу та Полісся.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Із початком повномасштабної агресії російської федерації господарська діяльність аграріїв була суттєво порушена. Фізіологічні, селекційні та ринкові аспекти вирощування томатів, перцю та баклажанів є предметом постійної уваги провідних учених.

Для виробництва томата в Україні та світі, науковцями встановлено ключові чинники, що впливають на урожайність, якість продукції та ефективність виробництва в умовах кліматичних змін. Обґрунтовано перспективність технологічної модернізації галузі для підвищення продуктивності, конкурентоспроможності та сталості виробництва [6, 7].

У контексті оцінки сортового різноманіття баклажану суттєвий внесок зробив колектив авторів, які провели господарсько-біологічну оцінку вітчизняних гібридів баклажану різних термінів стиглості [8]. Встановлено відмінності як у тривалості фенофаз, так і в періоді вегетації рослин баклажану та продуктивності в умовах Правобережного Лісостепу [9].

Пошкодження полезахисних лісосмуг унаслідок бойових дій посилило ризики вітрової ерозії у Херсонській та Миколаївській областях [10]. Мінування та бойові дії спричиняють руйнування і переміщення родючого шару ґрунту, його механічне пошкодження та забруднення металами, хімічними речовинами й нафтопродуктами, що знижує придатність земель для сільськогосподарського використання. Для вирощування солодкого перцю ці фактори є особливо критичними, оскільки культура в умовах Південного Степу України значною мірою залежить від тепло- та вологозабезпечення [11-12].

Глобальні проблеми трансформації овочевого ринку під впливом воєнних факторів та екологічного сліду хімізації також досліджували, як вітчизняні, так і закордонні фахівці оцінюючи стійкість локальних продовольчих систем [5, 13]. Геополітичні конфлікти та міждержавні війни визначено як один із ключових чинників погіршення глобальної продовольчої безпеки через негативний вплив на доступність, доступ, використання та стабільність продовольства. Науковцями виокремлено чотири сценарії забезпечення стійкості агропродовольчих систем в умовах геополітичної напруженості: зменшення вразливості, нарощування стійкості, адаптивні стратегії та трансформаційні зміни [14]. Встановлено, що найбільш поширеним підходом є зниження вразливості систем, однак окремі політичні та економічні заходи можуть посилювати нестабільність і негативно впливати на продовольчу безпеку [15]. Як показано, існують взаємопов'язані цикли насильства та продовольчої незабезпеченості, розрив яких потребує узгоджених політичних і економічних заходів.

Мета. Комплексно проаналізувати динаміку ринку томатів, перцю солодкого та баклажанів в Україні за всі роки воєнного стану на основі верифікованих даних Держстату та Мінагрополітики, а також обґрунтувати селекційно-технологічні заходи для стабілізації виробництва цих культур.

Матеріали та методика досліджень. Інформаційною базою роботи слугували офіційні статистичні дані Державної служби статистики України, оперативні зведення Міністерства аграрної політики та продовольства України, а також результати моніторингів Інституту овочівництва і баштанництва НААН за період 2022-2025 років.

Результати досліджень. Офіційні статистичні дані свідчать, що динаміка промислових площ під культурами-фаворитами чітко відображає етапи воєнного впливу

© Сєвідов В.П., Сєвідов І.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

на аграрний сектор. У 2022 році, внаслідок раптової втрати основних меліоративних систем Херсонської та Запорізької областей, стався найглибший обвал виробництва, сумарна промислова площа відкритого ґрунту під томатами, перцем та баклажанами скоротилася загалом на 68,4%. Подібні масштабні порушення агровиробництва через воєнні чинники та геополітичні кризи є типовими для індустріальних агросистем [16]. У 2023 році деструкція поглибилася через масштабний інфраструктурний терористичний акт, підрив Каховської ГЕС, що остаточно унеможливило відновлення великотоварного індустріального овочівництва на Півдні України. Загальна площа вирощування у цьому регіоні впала до критичного мінімуму [17-19].

Період 2024-2025 років охарактеризувався початком системної адаптації ринку, коли дефіцит пропозиції почав компенсуватися за рахунок масового розгортання виробництва у Центральних та Західних областях країни як промисловими виробниками, так і приватним сектором (табл. 1).

Сумарна площа під трьома культурами впала з довоєнних 33,7 тис. га у 2021 році до критичних 10,1 тис. га у 2023 році. Проте завдяки релокації виробництва у 2024-2025 роках загальний лінійний показник площ зростає до 25,3 тис. га. Що підтверджує загальні тенденції стабілізації ринку через розвиток сортових ресурсів, сучасних технологій виробництва для підвищення ефективності виробництва овочевої продукції, логістики та розширення географії збуту [20, 21].

Трансформація географічної структури валових зборів підтверджує переміщення виробничих векторів. Головним стабілізаційним фактором виступили господарства населення та дрібні фермери Центрального (Черкаська, Полтавська) та Західного (Львівська, Закарпатська) регіонів, які забезпечили конвеєрне постачання свіжої продукції на внутрішній ринок (табл. 2).

Аналіз даних Мінагрополітики України наочно демонструє масштабність ринкової реконфігурації: якщо валовий збір на Півдні скоротився майже у 8 разів, то в Центральному регіоні він зріс із довоєнних 105,5 тис. тонн до 264,6 тис. тонн у 2025 році, а в Західному – з 42,4 до 152,4 тис. тонн відповідно.

Також переміщення посівів томатів, перцю та баклажанів із територій бойових дій на захід супроводжується необхідністю врахування специфічних агрокліматичних умов, зокрема недостатньої кількості активних температур на початку вегетації та підвищеного ризику розвитку патогенів за надмірного зволоження ґрунту [22]. Особливо важливим є врахування чинників, що обмежують формування та функціональну активність кореневої системи, серед яких температура й вологість ґрунту, його повітряний режим, рівень кислотності, доступність основних елементів живлення та концентрація солей у кореневмісному шарі. Порушення оптимального співвідношення цих параметрів може знижувати інтенсивність поглинання води й поживних речовин, обмежувати ріст рослин і негативно позначатися на формуванні врожаю. Тому адаптація технології вирощування до умов Лісостепу має передбачати регулювання водного та мінерального живлення, підтримання сприятливого температурного режиму.

У цих умовах перспективним напрямом є використання ранньостиглих сортів пасльонових культур,

Таблиця 1

Динаміка загальних посівних площ томатів, перцю солодкого та баклажанів в Україні за 2021-2025 рр., тис. га

Сільськогосподарська культура	2021 р.	2022 р.	2023 р.	2024 р.	2025 р.
Томат	19,1	6,2	5,8	10,4	13,5
Перець солодкий	8,1	2,9	2,5	5,1	7,0
Баклажан	6,5	2,1	1,8	3,6	4,8
Разом	33,7	11,2	10,1	19,1	25,3

**Примітка: сформовано за даними Держстату України.*

Таблиця 2

Динаміка валових зборів за культурами та регіональними зонами України, за 2021-2025 рр., тис. т.

Регіональна зона та культура	2021 р.	2022 р.	2023 р.	2024 р.	2025 р.
Томат	282,1	31,5	22,0	28,4	33,2
Перець солодкий	50,1	7,5	5,1	7,2	10,3
Баклажан	96,2	6,2	4,3	7,2	8,6
Південний регіон (усього)	**428,4**	**45,2**	**31,4**	**42,8**	**52,1**
Томат	65,4	72,1	94,2	132,1	165,4
Перець солодкий	18,0	21,5	28,4	42,6	53,4
Баклажан	22,1	18,8	26,0	35,8	45,8
Центральний регіон (усього)	**105,5**	**112,4**	**148,6**	**210,5**	**264,6**
Томат	21,5	32,4	41,5	68,4	88,4
Перець солодкий	11,5	15,2	20,4	32,1	41,8
Баклажан	9,4	10,6	12,2	17,9	22,2
Західний регіон (усього)	**42,4**	**58,2**	**74,1**	**118,4**	**152,4**

**Примітка: сформовано за даними Мінагрополітики України.*

здатних формувати господарсько цінний урожай за скороченого вегетаційного періоду. Ранньостиглі вітчизняні сорти пасльонових культур демонструють високу врожайність та підвищену стійкість до фузаріозу у весняно-літньому обороті в умовах плівкових теплиць Лісостепу, що підтверджує сортові переваги українського генофонду пасльонових культур. Використання українського насіннєвого фонду дозволяє агровиробникам знизити собівартість виробництва порівняно з закупівлею імпортних гібридів, що є визначальним фактором рентабельності під час війни.

Загалом війна гостро поставила питання збереження вітчизняного насіннєвого матеріалу, що детально обґрунтовано в монографії під редакцією О. М. Шабеті **[8]**. Оскільки базові селекційні центри Півдня опинилися в зоні бойових дій, у 2024-2025 роках було успішно реалізовано програму релокації первинного насінництва пасльонових культур на науково-дослідні бази Харківської, Полтавської та Дніпропетровської областей.

Обговорення. Отримані результати комплексного аналізу ринку пасльонових культур в Україні відображають загальні закономірності трансформації аграрного сектора в умовах воєнних конфліктів високої інтенсивності. Перенесення аграрного виробництва до безпечніших регіонів змінює територіальну спеціалізацію сільського господарства та потребує відповідної перебудови інфраструктури. Практичне відновлення має спиратися на диверсифіковану логістику, модернізовані потужності зберігання, цифрові рішення, екологічні технології та розвиток людського капіталу. Такі висновки перекликаються із дослідженнями проблем адаптації аграрних підприємств до кліматичних змін, із обґрунтуванням необхідності впровадження ресурсозберігаючих технологій та забезпечення екологічної безпеки сільськогосподарського виробництва [23, 24].

Проте просторове зміщення промислового виробництва пасльонових у Центральні та Західні регіони України вимагає перегляду базових елементів агротехніки та систем збалансованого живлення рослин. Дані вітчизняних дослідників щодо кліматичних обмежень та високої загрози фузаріозного в'янення в нових регіонах узгоджуються з дослідженнями південноамериканських та індійських науковців [25, 26], де наголошується, що переміщення теплолюбних культур у прохолодніші та вологіші агрокліматичні зони без зміни сортового складу неминуче призводить до втрати значної частини врожаю через температурний стрес. Дослідження виконані у ІОБ НААНУ свідчать, що сорти і гібриди української селекції адаптовані до нестабільних погодних умов, забезпечують високу товарність плодів (до 93-94%), що стає вагомим аргументом для імпортозаміщення насіннєвого матеріалу на вітчизняному ринку [27-30].

Перспективи повоєнного відновлення ринку пасльонових культур повинні базуватися на концепції інноваційної модернізації. Проте відновлення втрачених територій не повинно бути простим копіюванням старих хімізованих схем. Необхідним є залучення енергоощадних технологій захищеного ґрунту. Наш аналіз розвитку ринку підтверджує, що цей сегмент є найбільш інвестиційно привабливим у середньостроковій перспективі, оскільки він гарантує стабільний прибуток незалежно від погодних аномалій та агрокліматичних умов, знижуючи загальні ризики для агробізнесу.

Висновки. Аналіз ринку томатів, перцю та баклажанів зафіксував глибоку структурну деформацію у 2022-2023 роках (падіння площ на 70%) із подальшим стрімким відновленням у 2024-2025 роках за рахунок територіального зміщення виробництва. Центральний та Західний регіони України успішно перебрали на себе статус головних постачальників пасльонової овочевої групи, наростивши сумарні валові збори більш ніж у 2,5-3,5 раза порівняно з довоєнним рівнем. Головним біологічним бар'єром при релокації виробництва в Лісостеп є гідротермічний стрес та високий тиск ґрунтових патогенів. Достатньо високу адаптивність у цих умовах виявляють вітчизняні сортотипи томатів, перцю та баклажанів, які забезпечують товарність плодів на рівні 93-94%. Стратегічними орієнтирами стабілізації ринку в умовах воєнного стану є повне імпортозаміщення насіннєвого фонду через внутрішні бази ІОБ НААН, розбудова кооперативних логістичних центрів та залучення інвестицій в енергоощадні плівкові теплиці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Дідковська Л. І. Еколого-економічні наслідки підриву Каховської ГЕС для аграрного сектора та гідромеліоративної галузі. *Агросвіт*. 2023. № 14. С. 63-69. DOI: 10.32702/2306-6792.2023.14.63
2. Семенда О. В., Корман І. І. Аналіз українського ринку овочів в умовах війни. *International Science Journal of Management, Economics & Finance*. 2024. Vol. 3, № 1. С. 72-80. DOI: 10.46299/j.isjmef.20240301.07
3. Саніна І. В., Люта Н. Г. Екологічні наслідки підриву греблі Каховської ГЕС і шляхи вдосконалення водопостачання населення. *Мінеральні ресурси України*. 2023. № 2. С. 50-55. DOI: 10.31996/mru.2023.2.50-55
4. Бояркіна Л.В., Боровик В.О., Шабля О.С., Шарій В.О., Біднина І.О. Сучасний стан зрошуваних сільськогосподарських земель в Україні. *Аграрні інновації*. 2022. № 16. С. 5-10. DOI: 10.32848/agrar.innov.2022.16.1
5. Щетина С. В. Оцінка стану вирощування овочевих культур в умовах відкритого ґрунту в Україні. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 3. С. 156–164. DOI: 10.33730/2310-4678.3.2023.287829
6. Бакланова Т. В., Фартушний Д. М. Сучасні тенденції вирощування томатів в Україні та світі. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 137. С. 18-27. DOI: 10.32782/2226-0099.2024.137.3
7. Карачун В. Л., Лебединський І. В. Економічна ефективність вирощування різних груп томата в зимових теплицях степової зони України. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2024. № 3. DOI: 10.37406/2706-9052-2024-3.1
8. Баклажан. Селекція, насінництво, технології вирощування у відкритому і захищеному ґрунті та переробка : монографія / під ред. О. М. Шабеті. Харків : ІОБ НААН, 2025. 153 с.
9. Щетина С. В. Господарсько-біологічна оцінка різних гібридів баклажана при вирощуванні у відкритому ґрунті. *Агроекологічний журнал*. 2025. № 1. С. 182-188. DOI: 10.33730/2077-4893.1.2025.327727
10. Божко Л. Ю., Барсукова О. А., Гончар К. В. Вплив погодних умов на вирощування солодкого перцю

в Херсонській області. «Сучасний стан ґрунтового покриву України в умовах збройної агресії російської федерації»: збірник тез Міжнародної науково-практичної конференції (*Харків, 20 жовтня 2022 р.*). [Електронне видання]. Харків: ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», 2022. С. 21-23.
11. Чорний С. Г. Вплив військових дій 2022 року на небезпеку вітрової ерозії Правобережної України. *Екологія та ноосферологія*. 2024. Т. 35, № 1. С. 13-21. DOI: 10.15421/032402
12. Дробітько А. І., Алакбаров А. В. Soil restoration after mine clearance. *International Journal of Environmental Studies*. 2023. Vol. 80, No. 2. P. 394-398. DOI: 10.1080/00207233.2023.2177416
13. Алфьоров О. І., Рудь В. П., Терехіна Л. А., Леус Л. Л. Сучасне овочівництво в умовах нестабільних викликів. *Овочівництво і баштанництво*. 2026. № 79. С. 132-141. DOI: 10.32717/0131-0062-2026-79-132-141
14. Nguyen T. T., Timilsina R. R., Sonobe T., Rahut D. B. Interstate war and food security: Implications from Russia's invasion of Ukraine. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2023. Т. 7. DOI: 10.3389/fsufs.2023.1080696
15. Mkumbukiy A. M., Loghmani-Khouzani T. T., Madani K. M., Guenther E. Agrifood systems' resilience for sustainable food security amid geopolitical tensions: a systematic literature review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2025. Т. 9. DOI: 10.3389/fsufs.2025.1546851
16. Chen B., Tu Y., An J., Wu S., Lin C. et al. Quantification of losses in agriculture production in eastern Ukraine due to the Russia-Ukraine war. *Communications Earth & Environment*. 2024. Vol. 5. Article 336. DOI: 10.1038/s43247-024-01488-3
17. Alforov O. I., Rud V. P., Terokhina L. A., Leus L. L. Modern vegetable farming in the face of unstable challenges. *Vegetable and Melon Growing*. 2026. No. 79. С. 132-141. DOI: 10.32717/0131-0062-2026-79-132-141
18. Шубравська О. В., Попова О. Л., Прокопенко К. О. Наслідки руйнування Каховської гідроелектростанції для сільського господарства Півдня України. *Acta Scientiarum Polonorum. Administratio Locorum*. 2024. Т. 23, № 4. С. 457-466. DOI: 10.31648/aspal.9883
19. Hapich H., Onopriienko D. Ecology and economics of irrigation in the south of Ukraine following destruction of the Kakhov reservoir. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. Т. 81, № 1. С. 301-314. DOI: 10.1080/00207233.2024.2314859
20. Куц О. В., Рудь В. П., Кривенко Н. В., Терьохіна Л. А., Шабля О. С. Овочівництво під впливом продовольчих небезпек, екологічних чинників та міжнародних інтеграційних процесів. *Scientific Horizons*. 2024. Т. 27, № 6. С. 111-128. DOI: 10.48077/scihor6.2024.111
21. Захарчук О. В., Лещук Н. В., Скубій О. А., Завальнюк О. І., Стефківська Ю. Л. Формування овочевого продовольчого ринку в Україні: стан і перспективи розвитку (огляд). *Агросвіт*. 2025. № 11. DOI: https://doi.org/10.32702/2306-6792.2025.11.50
22. Shchetina S., Mostoviak I., Fedorenko V. Phytosanitary state of open-field vegetable crop agroecosystems of the genus Solanum, Raphanus, Brassica in the central part of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Quarantine and Plant Protection*. 2023. No. 4. P. 32-38. DOI: 10.36495/2312-0614.2023.4.32-38
23. Бондарчук Н. В., Васільєва Л. М., Міньковська А. В. Стратегічне управління інноваційним розвитком аграрного підприємства для забезпечення його фінансово-економічної безпеки. *Підприємництво та інновації*. 2022. № 23. С. 37-41. DOI: 10.37320/2415-3583/23.7
24. Солоненко Ю. В., Панасюк П. І. Державна підтримка та стимулювання бізнесу України в умовах війни. *Галицький економічний вісник*. 2023. № 82(3). С. 190-200. DOI: 10.33108/galicianvisnyk_tntu2023.03.190
25. Elizondo, R., Oyanedel, E. Field Testing of Tomato Chilling Tolerance under Varying Light and Temperature Conditions. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2010. Vol. 70, No. 4. P. 552-558. DOI: 10.4067/S0718-58392010000400004
26. Spaldon S., Hussain A., Angmo K., Kanwar M. S., Laskit J., Tundup P., Dolker D. Protected Vegetable Cultivation for Climate Resilience and Nutritional Security in Eastern Ladakh, India. *Current Science*. 2023. Vol. 125, No. 7. P. 737-742. DOI: 10.18520/cs/v125/i7/737-742
27. Марусяк А. О., Сергієнко О. В. Скринінг колекційних зразків баклажана за продуктивністю та її складовими. *Plant Breeding and Seed Production*. 2024. Vol. 125. С. 74-93. DOI: 10.30835/2413-7510.2024.306972. УДК 635.646:631.527
28. Коноваленко К. М. Біологізація елементів технології вирощування баклажана в захищеному ґрунті : дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.09. Харків, 2024. 226 с.
29. Куц О. В., Пилипенко Л. В., Рожков А. О., Семененко І. І. [та ін.]. Ефективність затінення солодкого перцю при вирощуванні в умовах Лісостепу України. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2025. № 1 (21). С. 90-102. DOI: 10.31548/dopovidi/1.2025.90
30. Яценко Н. В., Яценко В. В., Фещенко В. В., Чубко О. П., Невлад В. І., Остапчук В. В. Адаптивна мінливість гібридів томата у Правобережному Лісостепу України. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2024. № 2. С. 25-32. DOI: 10.32782/2310-0478-2024-2-26-3 7

REFERENCES:

1. Didkovska, L. I. (2023). Ekoloho-ekonomichni naslidky pidryvu Kakhovskoi HES dlia ahrarnoho sektora ta hidro melioratyvnoi haluzi [Ecological and economic consequences of the destruction of the Kakhovka Hydroelectric Power Plant for the agricultural sector and irrigation and drainage industry]. *Ahrosvit*, (14), 63–69. https://doi.org/10.32702/2306-6792.2023.14.63
2. Semenda, O. V., & Korman, I. I. (2024). Analiz ukrainskoho rynku ovochiv v umovakh viiny [Analysis of the Ukrainian vegetable market under wartime conditions]. *International Science Journal of Management, Economics & Finance, 3*(1), 72–80. https://doi.org/10.46299/j.isjmef.20240301.07
3. Sanina, I. V., & Liuta, N. H. (2023). Ekolohichni naslidky pidryvu hrebli Kakhovskoi HES i shliakhy vdoskonalennia vodopostachannia naselennia [Environmental consequences of the destruction of the Kakhovka Hydroelectric Power Plant dam and ways to improve water supply to the population]. *Mineralni Resursy Ukrainy*, (2), 50–55. https://doi.org/10.31996/mru.2023.2.50-55
4. Boiarkina, L. V., Borovyk, V. O., Shablia, O. S., Sharii, V. O., & Bidnyna, I. O. (2022). Suchasnyi stan zroshuvanykh silskohospodarskykh zemel v Ukraini [Current state of irrigated agricultural lands in Ukraine].

Ahrarni Innovatsii, (16), 5–10. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.16.1
5. Shchetina, S. V. (2023). Otsinka stanu vyroshchuvannia ovochevykh kultur v umovakh vidkrytoho gruntu v Ukraini [Assessment of vegetable crop cultivation under open-field conditions in Ukraine]. *Zbalansovane Pryrodokorystuvannia*, (3), 156–164. https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2023.287829
6. Baklanova, T. V., & Fartushnyi, D. M. (2024). Suchasni tendentsii vyroshchuvannia tomativ v Ukraini ta sviti [Modern trends in tomato cultivation in Ukraine and the world]. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*, (137), 18–27. https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.3
7. Karachun, V. L., & Lebedynskyi, I. V. (2024). Ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannia riznykh hrup pomidora v zymovykh teplytsiakh stepovoi zony Ukrainy [Economic efficiency of growing different tomato groups in winter greenhouses of the Steppe zone of Ukraine]. *Podilskyi Visnyk: Silske Hospodarstvo, Tekhnika, Ekonomika*, (3). https://doi.org/10.37406/2706-9052-2024-3.1
8. Shabetia, O. M. (Ed.). (2025). *Baklazhan. Selektsiia, nasinnytstvo, tekhnolohii vyroshchuvannia u vidkrytomu i zakhyshchenomu grunti ta pererobka* [Eggplant: Breeding, seed production, cultivation technologies in open and protected soil, and processing]. IOB NAAN.
9. Shchetina, S. V. (2025). Hospodarsko-biolohichna otsinka riznykh hibrydiv baklazhana pry vyroshchuvanni u vidkrytomu grunti [Economic and biological evaluation of different eggplant hybrids grown in open field]. *Ahroekolohichnyi Zhurnal*, (1), 182–188. https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2025.327727
10. Bozhko, L. Yu., Barsukova, O. A., & Honchar, K. V. (2022). Vplyv pohodnykh umov na vyroshchuvannia solodnoho pertsiu v Khersonskii oblasti [Influence of weather conditions on sweet pepper cultivation in Kherson region]. In *Suchasnyi stan gruntovoho pokryvu Ukrainy v umovakh zbroinoi ahresii Rosiiskoi Federatsii: Zbirnyk tez Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii* (pp. 21–23). NNTs “IHA imeni O. N. Sokolovskoho.”
11. Chornyi, S. H. (2024). Vplyv viiskovykh dii 2022 roku na nebezpeku vitrovoi erozii Pravoberezhnoi Ukrainy [Impact of military operations in 2022 on the risk of wind erosion in Right-Bank Ukraine]. *Ekolohiia ta Noosferolohiia, 35*(1), 13–21. https://doi.org/10.15421/032402
12. Drobitko, A. I., & Alakbarov, A. V. (2023). Soil restoration after mine clearance. *International Journal of Environmental Studies, 80*(2), 394–398. https://doi.org/10.1080/00207233.2023.2177416
13. Alforov, O. I., Rud, V. P., Terokhina, L. A., & Leus, L. L. (2026). Suchasne ovochivnytstvo v umovakh nestabilnykh vyklykiv [Modern vegetable farming in the face of unstable challenges]. *Ovochivnytstvo i Bashtannytstvo*, (79), 132–141. https://doi.org/10.32717/0131-0062-2026-79-132-141
14. Nguyen, T. T., Timilsina, R. R., Sonobe, T., & Rahut, D. B. (2023). Interstate war and food security: Implications from Russia's invasion of Ukraine. *Frontiers in Sustainable Food Systems, 7*. https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1080696
15. Mkumbukiy, A. M., Loghmani-Khouzani, T. T., Madani, K. M., & Guenther, E. (2025). Agrifood systems' resilience for sustainable food security amid geopolitical tensions: A systematic literature review. *Frontiers in Sustainable Food Systems, 9*. https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1546851
16. Chen, B., Tu, Y., An, J., Wu, S., Lin, C., et al. (2024). Quantification of losses in agriculture production in eastern Ukraine due to the Russia-Ukraine war. *Communications Earth & Environment, 5*, Article 336. https://doi.org/10.1038/s43247-024-01488-3
17. Alforov, O. I., Rud, V. P., Terokhina, L. A., & Leus, L. L. (2026). Modern vegetable farming in the face of unstable challenges. *Vegetable and Melon Growing*, (79), 132–141. https://doi.org/10.32717/0131-0062-2026-79-132-141
18. Shubravska, O. V., Popova, O. L., & Prokopenko, K. O. (2024). Naslidky ruinuvannia Kakhovskoi hidroelektrostantsii dlia silskoho hospodarstva Pivdnia Ukrainy [Consequences of the destruction of the Kakhovka Hydroelectric Power Plant for agriculture in Southern Ukraine]. *Acta Scientiarum Polonorum. Administratio Locorum, 23*(4), 457–466. https://doi.org/10.31648/aspal.9883
19. Hapich, H., & Onopriienko, D. (2024). Ecology and economics of irrigation in the south of Ukraine following destruction of the Kakhov reservoir. *International Journal of Environmental Studies, 81*(1), 301–314. https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2314859
20. Kuts, O. V., Rud, V. P., Kryvenko, N. V., Terokhina, L. A., & Shablia, O. S. (2024). Ovochivnytstvo pid vplyvom prodovolchykh nebezpek, ekolohichnykh chynnykiv ta mizhnarodnykh intehratsiinykh protsesiv [Vegetable production under the influence of food security threats, environmental factors, and international integration processes]. *Scientific Horizons, 27*(6), 111–128. https://doi.org/10.48077/scihor6.2024.111
21. Zakharchuk, O. V., Leshchuk, N. V., Skubii, O. A., Zavalniuk, O. I., & Stefkivska, Yu. L. (2025). Formuvannia ovochevoho prodovolchoho rynku v Ukraini: Stan i perspektyvy rozvytku (ohliad) [Formation of the vegetable food market in Ukraine: State and prospects of development (review)]. *Ahrosvit*, (11). https://doi.org/10.32702/2306-6792.2025.11.50
22. Shchetina, S., Mostoviak, I., & Fedorenko, V. (2023). Phytosanitary state of open-field vegetable crop agroecosystems of the genus *Solanum, Raphanus, Brassica* in the central part of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Quarantine and Plant Protection*, (4), 32–38. https://doi.org/10.36495/2312-0614.2023.4.32-38
23. Bondarchuk, N. V., Vasilieva, L. M., & Minkovska, A. V. (2022). Stratehichne upravlinnia innovatsiinym rozvytkom ahrarnoho pidpryiemstva dlia zabezpechennia yoho finansovo-ekonomichnoi bezpeky [Strategic management of innovative development of an agricultural enterprise to ensure its financial and economic security]. *Pidpryiemnytstvo ta Innovatsii*, (23), 37–41. https://doi.org/10.37320/2415-3583/23.7
24. Solonenko, Yu. V., & Panasiuk, P. I. (2023). Derzhavna pidtrymka ta stymuliuvannia biznesu Ukrainy v umovakh viiny [State support and stimulation of Ukrainian business under wartime conditions]. *Halytskyi Ekonomichnyi Visnyk*, (82[3]), 190–200. https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2023.03.190
25. Elizondo, R., & Oyanedel, E. (2010). Field testing of tomato chilling tolerance under varying light and temperature conditions. *Chilean Journal of Agricultural Research, 70*(4), 552–558. https://doi.org/10.4067/S0718-58392010000400004
26. Spaldon, S., Hussain, A., Angmo, K., Kanwar, M. S., Laskit, J., Tundup, P., & Dolker, D. (2023). Protected

vegetable cultivation for climate resilience and nutritional security in Eastern Ladakh, India. *Current Science, 125*(7), 737–742. https://doi.org/10.18520/cs/v125/i7/737-742

27. Marusiak, A. O., & Serhiienko, O. V. (2024). Skryninh kolektsiinykh zrazkiv baklazhana za produktyvnistiu ta yii skladovymy [Screening of eggplant collection samples by productivity and its components]. *Plant Breeding and Seed Production, 125*, 74–93. https://doi.org/10.30835/2413-7510.2024.306972
28. Konovalenko, K. M. (2024). *Biolohizatsiia elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia baklazhana v zakhyshchenomu grunti* [Biologization of elements of eggplant cultivation technology in protected soil] [Dissertation]. Kharkiv.
29. Kuts, O. V., Pylypenko, L. V., Rozhkov, A. O., Semenenko, I. I., et al. (2025). Efektyvnist zatinennia solodnoho pertsiu pry vyroshchuvanni v umovakh Lisostepu Ukrainy [Effectiveness of sweet pepper shading when grown in the Forest-Steppe zone of Ukraine]. *Naukovi Dopovidi NUBiP Ukrainy*, (1[21]), 90–102. https://doi.org/10.31548/dopovidi/1.2025.90
30. Yatsenko, N. V., Yatsenko, V. V., Feshchenko, V. V., Chubko, O. P., Nevlad, V. I., & Ostapchuk, V. V. (2024). Adaptyvna minlyvist hibrydiv pomidora u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Adaptive variability of tomato hybrids in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk Umanskoho Natsionalnoho Universytetu Sadivnytstva*, (2), 25–32. https://doi.org/10.32782/2310-0478-2024-2-26-3

Сєвідов В.П., Сєвідов І.В. Динаміка та перспективи розвитку ринку пасльонових культур в Україні в умовах воєнного стану

Повномасштабна військова агресія спричинила руйнування традиційної регіональної спеціалізації агропромислового комплексу України та зміну просторової конфігурації овочевого ринку. **Мета.** Обґрунтувати трансформаційні процеси у сфері вітчизняного овочівництва та розробити адаптаційні селекційно-технологічні заходи для стабілізації виробничого потенціалу за умов повномасштабного збройного конфлікту на основі моніторингу площ і валових зборів. **Методика.** У процесі дослідження застосовано аналітичний, статистично-економічний та порівняльний методи аналізу даних Державної служби статистики України, Міністерства аграрної політики та продовольства України, а також результати польових моніторингів Інституту овочівництва і баштанництва НААН за 2022–2025 роки. **Результати.** Дослідженнями зафіксовано глибоку структурну деформацію овочевого сегменту у 2022–2023 роках (скорочення загальних площ вирощування на 70% через окупацію південних територій, мінування та руйнування Каховської ГЕС). Встановлено факт подальшого швидкого відновлення галузі у 2024–2025 роках за рахунок просторової релокації виробничих потужностей у Лісостеп та Полісся. Проаналізовано зміну географічної архітектоніки валових зборів: Центр та Захід підвищили обсяги вирощування у 2,5–3,5 раза порівняно з довоєнним періодом. Виявлено основними біологічними бар'єрами релокації гідротермічний стрес і підвищений тиск патогенних мікроорганізмів. Доведено, що вітчизняний сортовий генофонд у плівкових теплицях забезпечує вихід якісної продукції на рівні 93–94%. **Висновки.** Доведено високу ефективність просторового переформатування агровиробництва під час війни. Визначено стратегічними орієнтирами імпортозаміщення насіннєвого фонду, перенесення селекційних центрів, побудову нових логістичних ланцюгів та інвестування в енергоощадний захищений ґрунт для мінімізації агрокліматичних ризиків.

Ключові слова: томати, солодкий перець, баклажани, релокація вирощування, імпортозаміщення насіння, захищений ґрунт.

Sievidov V.P., Sievidov I.V. Market Dynamics and Development Prospects for Nightshade Crops in Ukraine Under Martial Law

Full-scale military aggression has led to the destruction of the traditional regional specialization of Ukraine's agro-industrial complex and transformed the spatial configuration of the vegetable market. **Objective.** To substantiate the transformational processes in the domestic vegetable growing sector and to develop adaptive breeding and technological measures to stabilize the production potential during a full-scale armed conflict based on monitoring acreage and gross yields. **Methods.** The study used analytical, statistical-economic, and comparative methods to evaluate data from the State Statistics Service of Ukraine, the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine, as well as field monitoring results provided by the Institute of Vegetable and Melon Growing of the NAAS for the period 2022–2025. **Results.** The research revealed a deep structural deformation of the vegetable segment in 2022–2023 (a 70% reduction in total cultivated areas due to the occupation of southern territories, landmining, and the destruction of the Kakhovka Hydroelectric Power Plant). A rapid recovery of the sector in 2024–2025 was established due to the spatial relocation of production capacities to the Forest-Steppe and Polissia regions. Changes in the geographical architecture of gross yields were analyzed: the Central and Western regions increased production volumes by 2.5–3.5 times compared to pre-war levels. Hydrothermal stress and increased pathogen pressure were identified as the main biological barriers to relocation. Domestic variety gene pools in plastic greenhouses were proved to ensure high-quality produce yield at 93–94%. **Conclusions.** The high efficiency of spatial reorganization of agricultural production during wartime has been proven. Seed import substitution, transfer of breeding centers, construction of new logistical chains, and investment in energy-efficient greenhouse technologies were identified as strategic priorities to minimize agro-climatic risks.

Key words: tomatoes, sweet pepper, eggplants, crop relocation, seed import substitution, greenhouse cultivation.

Дата першого надходження статті до видання: 24.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 001.892:631.53.03:551.581.2
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.23

АДАПТИВНІСТЬ КРАЩИХ ВІТЧИЗНЯНИХ ТА ІНТРОДУКОВАНИХ ПІДЩЕП ЯБЛУНІ ДО РІЗНИХ ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНИХ УМОВ УКРАЇНИ В ПЕРШІ РОКИ ТОВАРНОГО ПЛОДОНОШЕННЯ

СОБОЛЬ В.А. – кандидат сільськогосподарських наук, головний науковий співробітник
orcid.org/0009-0004-8762-8198
Інститут садівництва Національної академії аграрних наук України
ЛИТОВЧЕНКО М.О. – провідний економіст
orcid.org/0009-0001-8165-8300
Інститут садівництва Національної академії аграрних наук України
ТАРНАВСЬКА К.П. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0003-4935-470X
Подільська дослідна станція садівництва Інституту садівництва Національної академії аграрних наук України
ЧУХІЛЬ С.М. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0009-0001-4944-410X
Сумська дослідна станція садівництва Інституту садівництва Національної академії аграрних наук України
ВАСЮТА С.О. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0009-0004-7193-5564
Інститут садівництва Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. В останнє десятиріччя в садівництві України спостерігається стрімкий перехід до виробництва садивного матеріалу яблуні на підщепах, які розмножують вегетативно. Найбільшу кількість саджанців вирощують на карликовій підщепі М9. Значна кількість саджанців продається на клонових підщепах ММ106, 54-118 і М26. Зазначені підщепи в повній мірі не відповідають кліматичним умовам основних зон плодівництва України, перш за все за морозостійкістю, вимогам до умов зволоження, продуктивністю дерев [1, 2, 3].

Науковими установами Інституту садівництва НААН створено ряд різноманітних підщеп для яблуні, які відзначаються високою морозостійкістю і забезпечують високу стабільну продуктивність насаджень. Ці підщепи випробувані в установах-оригінаторах і виявили високі господарсько-біологічні якості в розсаднику і в саду. Тому, нагальним є питання вивчення цих підщеп в основних зонах промислового виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В садівництві України в останні роки спостерігається практично повний перехід до виробництва садивного матеріалу яблуні на вегетативних підщепах. Переважно саджанці вирощуються на підщепах М9 та середньорослій ММ106. В останнє десятиріччя спостерігається підвищений дефіцит прісної води, зниження рівня підґрунтових вод, відносної вологості повітря та кількості як річних опадів, так і в період вегетації, що в цілому негативно відображається на фізіологічному стані насаджень та їх продуктивності. В ІС НААН при вивченні адаптивності клонових підщеп яблуні поруч із насадженнями на слаборослих підщепах Д-1071, Д-3038, М9 добру урожайність отримали і на середньорослих та напівкарликових підщепах, зокрема Д-471, ММ106, 54-18, Надія, Слобожанська, які не потребують обов'язкової установки шпалери та зрошення [4]. Дослідними установами (Бахмутська ДСР, Сумська ДСС) продовжується дослідження по створенню нових підщеп, які в повній мірі повинні відповідати зміні кліматичних умов, вимогам до умов зволоження, продуктивності насаджень [1]. В північних та північно-східних регіонах України залишається актуальною і зимостійкість підщеп. Але в зв'язку з потеплінням виникає необхідність ще раз провести оцінку менш зимостійких, але продуктивних підщеп яблуні типу М9, а також нових підщеп попередньо виділених в колекційному маточнику (Сумська ДСС).

Мета досліджень – виділення найбільш адаптивних підщеп яблуні стосовно основних зон вирощування даної культури, оцінка біологічного потенціалу сорто-підщепних комбінувань в конкретних умовах для кожної із зон.

Матеріали та методика досліджень. Комплексні дослідження закладено одночасно в п’яти наукових установах мережі Інституту садівництва НААН в 2013 році з вивчення адаптивності клонових підщеп яблуні. Вивчалися сорти яблуні Амулет, Аскольда, Ренет Симиренка, Ревена з 17 новими і перспективними клоновими підщепами для яблуні. Насадження створені з використанням садивного матеріалу, що відповідає вимогам «ДСТУ 4938:2008. Саджанці плодових культур. Технічні умови» [5].

Схема досліду включає варіанти:

карликові підщепи – М9 (контроль), КД 4, Д-1071, Д-3038, Самбірська, КД 5;

напівкарликові – 54-118 (контроль), Д-1161, К 104, М26, Батуринська, Надія, Слобожанська, 27-21-71;

© Соболь В.А., Литовченко М.О., Тарнавська К.П., Чухіль С.М., Васюта С.О., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

середньорослі – ММ106 (контроль), Д-1904, Д-471.

Площа живлення для карликових підщеп – 4,0х1,25 м, напівкарликових – 5,0х2,0 м, середньорослих – 5,0х3,0 м. Варіанти розміщено рандомізовано, по 5 дерев кожного сорто-підщепного комбінування.

Елементи обліків: трудомісткість обрізування дерев, фенологічні спостереження, інтенсивність квітування, зав'язування плодів, площа поперечного перетину штамба, довжина пагонів, врожайність та товарні якості плодів, загальний стан дерев.

Форма крони – веретеноподібна. Система утримування грунту в міжряддях дерново-перегнійна, у приштамбових смугах використовували гербіцидний пар. Сад не зрошується. Ґрунт дослідної ділянки темно-сірий опідзолений на карбонатному лесовидному суглинку, типовий для лісостепу України. Вміст лужногідролізованого азоту 60,9 мг/кг грунту, рухомого фосфору – 109,3 мг/кг грунту і обмінного калію – 174 мг/кг грунту. Фізико-хімічні показники грунту в орному шарі: вміст гумусу – 2,75%, pH сольове – 5,5-5,7, гідролітична кислотність – 2,2 мг. екв./100 г грунту, сума поглинених основ – 8,8 мг.екв./100 г грунту.

Обліки та спостереження проводились за методиками П.В. Кондратенка, М.О. Бублика [6] та О.Д. Чиж, М.О. Бублика [7].

Економічну й енергетичну ефективність визначали за методикою О. М. Шестопаля [8].

Статистичну обробку результатів досліджень робили за Б.О. Доспєховим з використанням персонального комп'ютера за відповідною програмою (Кондратенко П.В., Бублик М.О.).

Результати досліджень. В комплексному досліді закладено одночасно в шести дослідних установах мережі в Інституті садівництва НААН приживання саджанців в саду було практично стовідсотковим. Дерева в рік садіння росли помірно на всіх підщепах. Середня довжина пагонів сортів Аскольда, Амулет, Ренет Симиренка та Ревена була в межах 20–40 см, а сумарна сягала 3,0 м (крім сорту Амулет). Більш активно росли і мали найбільшу сумарну і середню довжину пагонів дерева сорту Аскольда на середньорослих і напівкарликових підщепах (ММ106, Д-471, Д-1904 і 54-118) 3,2–4,3 м та 40,5–57,5 см відповідно. Біля двох метрів мали сумарну і 30–40 см середню довжину пагонів на цих підщепах сорти Ренет Симиренко і Ревена. По сорту Амулет ці показники були в межах 1,0–1,5 м і 35–45 см відповідно. Діаметр штамба на кінець першої вегетації також був найвищим у дерев всіх сортів на цих же підщепах та ще на Батуринській і 27-21-71 (1,6–2,1 см). Дерева на карликових підщепах мали діаметр штамба біля 1,2 см, який за вегетаційний період практично не потовщився, та кількість однорічних пагонів у них була вдвічі меншою (2–3 шт.), ніж на інших підщепах з більш розвиненою кореневою системою.

На Донбасі на кінець вегетації дерева майже всіх сортів на підщепі 54-118 були значно розвинені і мали діаметр штамбу від 20,8 мм у сорту Ревена до 16,0 мм у сорту Аскольда. Довжина пагонів майже у всіх сортів була більшою на підщепах Д-471, Батуринська, Надія і Д-1904 і знаходився в межах від 14,7 до 46,8 см.

На Сумщині всі саджанці добре укорінились та розвивались в період вегетації. На середньорослих підщепах найбільший діаметр штамба мав сорт Ревена на підщепі ММ106 (27,2 мм), в той час як сорт Ренет Симиренка на підщепі Д-1904 мав значно нижчій показник (15,6 мм). За довжиною пагонів виділялись Ренет Симиренка та Ревена на ММ106. Найкраще кронувалися сорти Аскольда на підщепі 54-118 (10 шт.) та Ренет Симиренка на підщепах 54-118 (14 шт.) та ММ106 (10 шт.).

Із напівкарликових виділилась підщепа Д-1161 в комбінуванні із сортом Аскольда як за товщиною штамба і довжиною приросту, так і за кількістю бічних гілок.

За товщиною штамбу та довжиною пагонів на сорто-підщепних комбінуваннях на карликових підщепах виділився сорт Аскольда на підщепі Д-3038. Найбільшу кількість бокових гілок має сорт Аскольда на підщепі Самбірська. На суперкарликовій підщепі КД 5 найкращий ріст показав сорт Аскольда, найменше пагонів у сорту Амулет.

В Східному Лісостепу (Слобожанщина) приживання саджанців в саду було високим (99%). Приріст однорічних пагонів поточного року по сортах був незначний, в середньому становив 5–15 см, що можна пояснити жаркою і посушливою погодою в період вегетації.

Підщепи 54-118 та Слобожанська забезпечили приріст штамбів усіх сортів яблуні в 3,5–5,2 мм. Слабким потовщенням штамбу (в межах 0,8–3,5 мм) характеризувалися дерева на підщепах Надія, М9, КД 4, КД 5, Д-1071, Д-3038.

В Інституті садівництва НААН на другий рік після садіння дерева відзначались досить активним ростом. Середня довжина пагонів у всіх сортів яблуні на середньорослих та напівкарликових підщепах була в межах 70–80 см, на карликових 60–65 см, а на суперкарлику КД 5 – 36–48 см. Така ж в цілому закономірність відмічена і по сумарній довжині пагонів, яка становила 14–20, 6–10 і 1,2–2,0 м відповідно. Сорт Амулет, який характеризується дещо нижчою пагоноутворювальною здатністю (кількість однорічних пагонів 6–10, проти 9–21 штук у інших досліджуваних сортів), мав сумарну довжину пагонів майже в 2 рази меншу.

На кінець другої вегетації дерева яблуні на середньорослих підщепах (ММ106, Д-471, Д-1904) наблизились до 2 м висоти 1,7–2,0 м. На 10–15% меншу висоту мали дерева на напівкарликових підщепах і на 20% – на карликових. Підщепа КД 5 значно стримувала ріст дерев, обмежуючи її до 1,1–1,4 м.

Діаметр штамба за вегетацію потовщився майже на 1,0 см на всіх підщепах, крім на КД 5 (на 0,1 см) і досягнув у дерев на середньорослих підщепах 2,6–3,3, напівкарликових 2,0–2,7 і карликових 1,4–2,0 см.

Таким чином, під час другого вегетаційного періоду, дерева всіх сортів відзначались більш активним ростом, ніж у минулому році. Більш стриманим ростом характеризувались комбінування сортів на карликових підщепах.

На другий рік після садіння поодиноке плодоношення спостерігалось на всіх підщепах по сорту Ревена. Біля десятка плодів отримали на підщепах ММ106, Д-1904, 54-118, М9, КД 4, Д-1071, а найменше (2–4 шт.) – на Д-471, К 104, Слобожанська, Д-3038. По інших сортах отримали

по декілька плодів (до 5 шт.) на ММ106, 54-118, Д-1161, Батуринській, Самбірській і КД 5.

Отже, найбільш скороплідним (на другий рік після садіння) виявився сорт яблуні Ревена на всіх підщепах. Найбільшу кількість плодів отримали на середньорослих (ММ106, Д-1904), напівкарликових (54-118) і карликових (М9, Д-1071 і КД 4) підщепах. Незважаючи на активний ріст яблуні на всіх підщепах більш стримано росли (на 20%) дерева на карликових підщепах

На Поділлі на другий рік садіння відмічено перший врожай у сорту Ревена (0,8–1,13 кг/дер.), на карликових підщепах Самбірська (1,2 т/га) і КД 4 (1,84 т/га), на напівкарликових підщепах 54-118 (0,6 т/га), Д-1161 (0,8 т/га), Слобожанська (0,9 т/га), Надія (1,13 т/га) та середньорослій ММ106 (1,47 т/га).

У сорту Ревена в варіантах карликових та напівкарликових підщеп найбільший приріст діаметра штамба відмічено у дерев на підщепах М9 (6,7 мм) та 54-118 (11,6 мм) із середньою довжиною пагонів відповідно 46,0 і 46,4 см. В інших варіантах дерева мали слабший ріст. У групі середньорослих підщеп більший приріст діаметра штамба на підщепах Д-1904 та Д-471 становить 10,2–10,3 мм, на контролі – 7,0 мм, середня довжина 44,7–53,8 см.

У сорту Аскольда на карликових підщепах по приросту діаметра штамба виділились дерева на підщепах Д-1071 (5,6 мм), М9 (5,4 мм), а по довжині пагонів на Д-1071 – 52,5 см. У групі напівкарликових підщеп найбільший приріст діаметра штамба відмічено у сортів на підщепах Слобожанська (9,8 мм), М26 (8,4 мм), Надія та Батуринська (8,0 мм). Із середньою довжиною пагонів 55,2–68,9 см. Із середньорослих підщеп більш сильнорослою активніше росли дерева на Д-471 (6,8 мм і 57,5 см відповідно).

На Слобожанщині на другий рік після садіння також відмічено початкове плодоношення, зокрема по сорту Амулет на карликових підщепах Самбірська та КД 5 – 3,6-3,3 т/га, Надія і Д-1071 – 1,2-1,1 т/га, на решті підщеп менше 1,0 т.

З сортом Аскольда найбільшу урожайність отримали в комбінуванні з підщепою КД 4 – 1,0 т/га, а на підщепах Д-1161, М9, Д-1071 – в межах 0,5 т/га, Батуринській – 0,3 т/га.

Сорт Ревена виявився найбільш скороплідним і урожайним. Найбільший урожай був отриманий в насадженнях на підщепах Д-1071 і Д-3038 – 3,6-3,3 т/га, а на підщепах Д-1161 і ММ106 дещо менший – 2,6-2,5 т/га. На підщепі М9 були отримані окремі плоди.

По сорту Ренет Симиренка отримано найменший початковий урожай серед усіх сортів до 0,8 т/га (М9).

На другий рік після садіння в комбінуваннях з підщепами Д-1161, К 104, КД 4, М9, Д-1071 початкове плодоношення було на всіх сортах.

На Донбасі в комплексному дослідженні кращі біометричні показники дерев були на підщепах ММ106, 54-118 та Д-1071 і Самбірська, де діаметр штамба знаходився в межах від 18,2 до 29,9 мм. Перше плодоношення було відмічено лише по сорту Ревена 0,2-1,2 т/га, зокрема на підщепі ММ106 отримали 0,8 т/га, М26 та 54-118 – 0,7 т/га, Надія з урожаєм 0,7 т/га, підщепа Д-1071 з урожаєм 1,2 т/га та Д-3038 – 0,8 т/га.

На третій рік після садіння дерева відзначались помірним ростом на відміну від минулого. Середня довжина пагонів у всіх сортів яблуні на середньорослих і напівкарликових підщепах була у межах 34,8–89,7 та 22,8–70,3 см відповідно, на карликових 23,0–53,3. Така ж, в цілому, закономірність відмічена і по сумарній довжині пагонів 5,2–40,4; 3,3–25,7 і 2,5–10,6 м відповідно.

Дерева яблуні на середньорослих підщепах дерева досягли висоти 1,6–2,8 м, на напівкарликових 1,3–2,3 і карликових 1,1–2,0 м, що на 18–20 і 29–31% менше, ніж на середньорослих. Підщепа КД 5 значно стримувала ріст дерев, обмежуючи її до 1,3–1,5 м. Діаметр штамба становив на середньорослих підщепах 2,7–5,0, напівкарликових 2,5–4,5 і карликових 1,3–2,6 см.

Таким чином, більш активно ростові процеси проходили у трирічних дерев яблуні на середньорослих і напівкарликових підщепах. Значно стриманіше росли дерева на карликових підщепах, на підщепі КД 5 дерева мали довжину пагонів (сумарну і середню) в 2–3 рази меншу, ніж на карликових підщепах. При практично однаковій їх кількості і висоті дерев та менший (в 1,3–1,4 рази) діаметр штамба. Більш сильнорослим серед досліджуваних сортів виявився сорт Аскольда.

На третій рік після садіння практично на всіх підщепах отримано перший урожай сорту Ревена. Найбільший урожай з дерева отримано на підщепах ММ106 (7,0 кг), 54-118 (6,1 кг), Д-1161 (5,0 кг), Батуринській (5,8 кг), Слобожанській (4,2 кг), дещо нижчий на підщепах Д-1904 (3,4 кг), Надія (3,1 кг), Самбірська (3,4 кг) і на М9 лише 2,8 кг. На інших підщепах урожай був в межах 0,5-2,1 кг/дер. По сортах Ренет Симиренка, Амулет і Аскольда урожай також не перевищив 2,0 кг/дер. З одиниці площі урожайність насаджень залежала ще також і від щільності садіння дерев.

Так в насадженнях сорту Ревена урожайність була вище 5,0 т/га на підщепах 54-118 (6,1), Д-1161 (5,0), Батуринська (5,8), М9 (5,6), Д-1071 (5,2), Самбірська (6,8) і найбільшою на суперкарлику КД 5 – 7,08 т/га. Середню урожайність (3,0–4,6 т/га) отримали на підщепах ММ106, Слобожанська, КД 4 і Надія, а в інших комбінуваннях – біля 2,0 т/га.

Інші сорти в цілому мали урожайність насаджень до 2,0 т/га, крім наступних сорто-підщепних комбінувань: Ренет Симиренка на підщепах Д-1071 (3,4) і Д-1161 (2,7), Амулет – на Слобожанській (3,5), М9 (2,8), КД 4 (3,4) і КД 5 (6,25 т/га).

На Бахмутській ДСР з більш стриманим ростом виявилися дерева на підщепі Д-1904 в середньорослій групі, на Д-1161 в напівкарликовій групі і на підщепах Д-1071, КД 4 та Д-3038 в карликовій групі по всіх сортах, які вивчаються у досліді. В поточному році вищий урожай як і торік був відмічений по сорту Ревена на підщепах Д-1071 та Д-3038 і становить 2,2 т/га та 1,4 т/га відповідно.

В Краснокутському НДЦ на третій рік після садіння більш активно росли дерева сорту Амулет на підщепах Д-471, Д-1904 і досягли висоти 2,7–2,5 м, а найменшу – на підщепах Д-1161, Батуринська, Надія (1,6–1,8 м). Найбільший діаметр штамба дерев був на

підщепах Д-471, М26 та Д-1904 (4,7–4,5 см), а найменший – на Батуринський (2,7 см).

У сорту Ревена найвищими були дерева на підщепах Д-471та 54-118.

Найбільша урожайність була отримана в комбінуваннях сорту Амулет з підщепами М26, Д-3038, М9, Слобожанська 3,5–6,0 т/га та з Батуринською 2,4 т/га. На підщепі 54-118 урожай був 1,8 т/га.

У сорту Ревена була отримана найбільша урожайність на підщепах Д-1071 – 6,9 т/га, КД 4 і Д-1161 – 2,7–2,3 т/га, а найменшу урожайність було отримано на підщепі ММ106 – 0,54 т/га.

По сорту Ренет Симиренка урожайність була найменшою (до 1,2–1,7 т/га) серед усіх сортів.

На Сумщині найбільша кількість плодів на клонових підщепах була у сортів: Амулет на підщепі ММ106 (40 шт.), Ревена на підщепі 54-118 (120 шт.), Д-1904 (98 шт.), Надія (145 шт.), Батуринська (72 шт.) і Аскольда в комбінуванні з підщепою Д-1161 (17 шт.). Із напівкарликових підщеп виділилася Батуринська (сорт Амулет, 72 шт.), Надія (сорт Ревена, 145 шт.), а також Д-1161 (сорт Аскольда, 17 шт.).

На карликових підщепах більш урожайними були сорти Амулет на підщепі Д-3038 (120 шт.), Ревена на М9 (152 шт.) та КД 5 (52 шт.), а також сорт Аскольда на підщепі Самбірська (30 шт.). На суперкарликовій підщепі КД 5 сорт Ревена (52 шт.) мав найбільшу кількість плодів в порівнянні з іншими сортами.

На четвертий рік після садіння дерева відзначались помірним ростом як і в попередньому році. Середня довжина пагонів у всіх сортів яблуні на середньорослих і напівкарликових підщепах була переважно в межах 55,0–65,0 і 40,0–55,0 см відповідно, на карликових 15,7–45,0 см. Така ж в цілому закономірність і по сумарній довжині пагонів 15,1–40,0; 9,0–25,0 і 0,9–12,6 м відповідно.

На кінець четвертої вегетації дерева на середньорослих підщепах досягли висоти 1,8–2,6 м, на напівкарликових 1,5–2,1 і карликових 1,1–1,7 м.

Більш трудомістким було обрізування дерев на середньорослих підщепах, коли витрати часу становили 40–97 сек./дер., а кількість видаленої деревини в більшості комбінувань була в межах 6,0–18,7 м. У дерев на напівкарликових підщепах затрати часу були в межах 30,0–60,0 сек./дер., а видалена деревина 4,0–10,0 м, на карликових підщепах 9–23 сек./дер. і 1,1–2,5 м.

На четвертий рік після садіння на всіх підщепах отримали плоди. Незначний урожай в межах 0,8–1,5 кг з дерева отримали у сортів Ренет Симиренка і Аскольда, а в 1,3–1,8 раза більший у сортів Амулет і Ревена. З одиниці площі найвищу урожайність отримали у насадженнях сорту Амулет на карликових (4,0–14,6 т/га) і напівкарликових (Батуринська, Слобожанська – 4,9–6,4 т/га) підщепах. У комбінування інших досліджуваних сортів рівень врожайності 2,0–4,5 т/га був досягнутий лише на карликових підщепах, а на інших залишався низьким.

У Східному Лісостепу (Слобожанщина) на четвертий рік після садіння більш активно росли чотирирічні дерева всіх сортів на середньорослих і напівкарликових підщепах, в яких діаметр штамба і висота були на 15–40% більшими, ніж на карликових. Найвищу урожайність мали насадження сорту Ревена на підщепах КД 4, Д-1071, М26 і Д-471 (5,0–8,0 т/га) і в 2 раза меншу у сорту Амулет (Д-1071, Надія і ММ106, 2,1–4,4 т/га) та Ренет Симиренка (Слобожанська, М9, М26 і Д-1161; 2,6–4,3 т/га).

На Сумській ДСС прохолодна погода в період цвітіння і зав'язування плодів істотно вплинула на формування урожаю. Помітно виділились такі сортопідщепні комбінування на середньорослих клонових підщепах: Ревена на підщепі 54-118 (10,2 т/га), Амулет на підщепі 54-118 (6,3 т/га). Що стосується напівкарликових підщеп, то в даному разі виділилися сорти Амулет і Ревена на підщепі М26, де урожайність становила 11,4 і 14,1 т/га відповідно, а також сорт Ревена на підщепі Батуринська (13,6 т/га).

На карликових підщепах більш урожайними виявилися сорти Ревена на Д-1071 (23,7 т/га) і Амулет на підщепі КД 4 (13,7 т/га).

На Поділлі високий бал квітування дерев (8,8–9,0 балів) відмічено у сорту Ренет Симиренка в комбінуванні з підщепами Д-1161, Слобожанська і Ревена з підщепами Д-1904, 54-118 (к), М26, Надія, Слобожанська. У сорту Амулет цвітіння відмічено на низькому рівні 0-3 балів.

Урожайність насаджень сорту Ревена вищий був в комбінуванні з М9 (10,7 т/га) і 54-118 (13,3 т/га), середньорослою на підщепі Д-1904 – 7,4 т/га (контроль на ММ106 – 5,6 т/га).

В сорту Аскольда найвищу врожайність отримано в комбінуванні з карликовими підщепами Д-1071, Д-3038 – 18,1 т/га, що втричі перевищує на М9 – 6,3 т/га; з напівкарликовими: Слобожанська – 11,5 т/га, М26 – 12,4 т/га і Батуринська – 14,8 т/га, що вдвічі більше, ніж на 54-118 – 6,5 т/га. У сорту Ренет Симиренка високу урожайність забезпечило його комбінування з карликовою підщепою Д-1071 – 13,2 т/га (контроль М9 – 4,0 т/га), та напівкарликовою Д-1161 – 11,5 т/га (контроль 54-118 – 3,6 т/га).

На п'ятий рік після садіння в ІС НААН дерева відзначались більш активним ростом (на чверть), ніж в минулому році. Середня довжина пагонів у всіх сортів яблуні на середньорослих і напівкарликових підщепах була переважно в межах 46,0–85,0 і 30,0–59,0 см відповідно та на карликових 35,0–50,0 см. Така ж в цілому закономірність простежується і по сумарній довжині пагонів 30,0–70,0; 15,0–40,0 і 7,0–20,0 м відповідно. На кінець п'ятої вегетації дерева на середньорослих підщепах досягли висоти 2,2–2,8; 1,3–2,4 і 1,4–2,1м. Діаметр штамба, як основний показник фізіологічного стану дерев, також був найбільший у дерев всіх сортів на середньорослих підщепах 4,7–7,6 см, ніж у дерев на напівкарликових (3,4–5,8 см) і карликових 2,6–3,6 см) підщепах.

Більш трудомістким було обрізування дерев на середньорослих підщепах, при цьому затрати часу становили 60,0–150,0 сек./дер., а кількість видаленої деревини була в межах 6,0–15,0 м. У дерев на напівкарликових підщепах затрати часу були в межах 50,0–100,0 сек./дер., а видалена деревина складала в середньому 4,0–9,0 м, на карликових 16–40 сек./дер. і 1,4–6,0 м відповідно.

Весняні заморозки 11–12 травня призвели до повної загиблі зав'язі на деревах, та в кінцевому підсумку, до повної відсутності урожаю плодів на молодих деревах, що вступили в пору товарного плодоношення.

На Донбасі п'ятирічні дерева сорту Ревена були з низьким урожаєм. В групі середньо рослих підщеп по урожайності сорту Ревена знову виділяються форми – Надія і Д-1161 з показниками 5,9 та 5,1 т/га відповідно. В групі карликових підщеп урожайність становила на підщепі КД 4 – 5,3 т/га, на Д-1071 – 6,9 т/га.

По сорту Амулет урожай був лише в групі середньорослих підщеп і становив на Д-1161– 3,9 т/га, на 54-118 – 1,7 т/га та на підщепі Батуринська – 2,1 т/га. Сорти Аскольда та Ренет Симиренко вже другий рік поспіль без урожаю.

В північно-східному Лісостепу (Сумщина) спостерігалось зниження температури до -5,2 °С в період цвітіння і зав'язування плодів істотно вплинуло на формування урожаю.

В п'ятирічних насадженнях яблуні помітно виділились такі сорто-підщепні комбінування: Амулет на підщепах Д-3038 (41,5 т/га), М9 (37,1 т/га), Батуринська (23,4 т/га), М26 (22,5 т/га); Ревена на підщепах Д-1071 (22,1 т/га), М9 (19,1 т/га), Надія (17,2 т/га), Д-1161 (16,4 т/га); Аскольда на підщепах Д-1071 (29,3 т/га), КД 4 (15,4 т/га), Самбірська (15,1 т/га); Ренет Симиренко на підщепах Самбірська (15,8 т/га), Д-1071 (9,1 т/га), КД 4 (9,0 т/га).

В Східному Лісостепу (Красний Кут) дерева сортів Амулет та Аскольда були більш сильнорослі на всіх підщепах в порівнянні з сортами Ревена та Ренет Симиренка, і мали висоту 2,2–2,6 м на напівкарликових підщепах та 1,6–2,1 м на слаборослих підщепах. Особливо виділялось комбінування сортів з підщепою Д-471, дерева з якою мали найвищу висоту та діаметр штамба.

За продуктивністю в п'ятирічному віці в групі середньорослих підщеп виділялися комбінування сортів з підщепою Д-1161, дерева на якій формували від 9 до 17 кг плодів, що майже в двічі вище, ніж в інших сорто-підщепних комбінуваннях з цієї групи.

Із слаборослих підщеп більш продуктивними були дерева на підщепі М9, зокрема сорту Амулет – 19 кг/дер., що з одиниці площі склало 38 т/га. По решті сортів урожайність на цій підщепі склала 24–28 т/га.

Таким чином, в богарних умовах на п'ятий рік після садіння можливо отримувати промислові врожаї при використанні підщеп Д-1161, М9.

На Поділлі урожайність насаджень яблуні залежала як від сорту, так і від підщепи. У сорту Ревена вона була вищою в комбінуванні з карликовою підщепою М9 (к) – 16,3 т/га, з напівкарликовою підщепою Надія – 8,2 т/га (6,5 т/га, 54-118 (к)).

У Аскольди кращий результат по врожайності одержано в комбінуванні з карликовою підщепою М9 (к) – 22,7 т/га, з напівкарликовою М26 – 12,4 т/га і Надія – 15,4 т/га (9,0 т/га, 54-118 (к) і 9,7 т/га, ММ106 (к)). Ренет Симиренка найбільш продуктивним був на підщепі М9 – 17,9 т/га, із напівкарликових на Батуринській – 6,2 т/га і Д-1161 – 7,6 т/га (4,3 т/га, 54-118(к)). Сорт Амулет мав вищу врожайність в комбінуванні з карликовими підщепами Д-3038 – 19,8 т/га і Д-1071 – 20,8 т/га, (18,0 т/га, М9 (к)), з напівкарликовими Д-1161 – 16,1 т/га і М26 – 16,3 т/га (13,0 т/га, 54-118 (к)).

На шостий рік після садіння в ІС НААН дерева яблуні продовжували активно рости. Середня довжина пагонів у всіх сортів яблуні на середньорослих і напівкарликових підщепах була переважно в межах 40,0–67,0 і 31,0–57,0 см відповідно та на карликових 24,0–43,0 см. Така ж в цілому закономірність простежується і по сумарній довжині пагонів 40,0–71,0; 28,0–46,0 і 8,5–20,0 м відповідно.

Величина урожаю з дерева була найвищою у більшості сортів на підщепах ММ106, Д-471, 54-118, Надія і Батуринська.

Високу урожайність насаджень забезпечили сорти Амулет на підщепах Д-471 (19,5 т/га), 54-118 (33,0 т/га), Надія (29,3 т/га), Д-1071 (26,8 т/га), Д-3038 (28,4 т/га); Аскольда на підщепах Д-471 (23,2 т/га), 54-118 (25,8 т/га), Надія (26,5 т/га), Батуринська (25,2 т/га), М9 (29,4 т/га), Д-1071 (24,8 т/га); Ревена на 54-118 (36,2 т/га), ММ106 (22,1 т/га), К 104 (21,6 т/га), КД 5 (38,7 т/га) і Д-1071 (24,0 т/га); Ренет Симиренка на ММ106 (27,4 т/га), 54-118 (37,2 т/га), Надія (33,2 т/га), Д-3038 (27,2 т/га). Отже, більшість сортів забезпечили найвищу урожайність насаджень на напівкарликових (54-118, Надія, Батуринська) і карликових (Д-1071 і Д-3038) підщепах.

На Донбасі по урожайності виділяються сорти Ревена на напівкарликових підщепах Батуринська, Слобожанська та К 104 – 36,6; 36,9 та 34,9 т/га відповідно, а на карликових – Ревена та Аскольда на Д-1071 (27,8 т/га і 29,8 т/га), Амулет на Д-3038 (29,1 т/га), Ренет Симиренка – Самбірська (28,8 т/га).

На Слобожанщині (Красний Кут) найвищі врожаї було отримано в комбінуваннях із карликовими (М9, КД 4, КД 5, Д-1071 – 9–16 т/га), напівкарликовими (М26, Батуринська, Д-1161, 54-118 з урожайністю 7–10 т/га) і середньорослими (ММ106 – 6–9 т/га) підщепами.

На Сумщині помітно виділились такі сортопідщепні комбінування: на середньорослих підщепах і зокрема на ММ106 сорти Амулет (15,3 т/га), Ревена (20,4 т/га) і Аскольда (10,0 т/га), а на Д-1904 – Ренет Симиренка (6,5 т/га), на напівкарликових – Амулет на Батуринській (39,5 т/га), М26 (33,3 т/га); Ревена на Надії (19,4 т/га); Аскольда на Батуринській (19,5 т/га) і Надії (16,5 т/га); Ренет Симиренка на Батуринській (16,0 т/га), Надії (13,4 т/га), а на карликових підщепах Амулет на М9 (38,1 т/га); Ревена на Самбірській (26,6 т/га), М9 (20,1 т/га); Аскольда на Самбірській (18,1 т/га), М9 (17,9 т/га); Ренет Симиренка на Самбірській (14,0 т/га) і Д-3038 (12,7 т/га).

На Поділлі урожайність дерев яблуні залежала як від сорту, так і від підщепи. У сорту Ревена вищий урожайність отримано на карликовій М9 (к) (28,3 т/га), напівкарликовій 54-118 (к) (21,0 т/га), і середньорослій ММ106 (к) (20,5 т/га) підщепах.

Насадження сорту Аскольда найбільш продуктивними були на підщепах Д-3038 (19,8 т/га), Д-1071 (29,5 т/га), М9 (12,8 т/га), Батуринській (11,1 т/га), Слобожанській (12,0 т/га), 54-118 (4,2 т/га) і ММ106 (2,3 т/га). У Ренет Симиренка вищу врожайність мали насадження на підщепах Д-1071 (32,2 т/га), М9 (23,7 т/га) і Д-1161 (11,9 т/га); Амулета на М9 (к) (21,6 т/га) і Д-1161 (13,8 т/га).

На сьомий рік після садіння в ІС НААН дерева яблуні більш активніше росли (на чверть), ніж в минулому році. Середня довжина пагонів у всіх сортів яблуні на середньорослих і напівкарликових підщепах була переважно

в межах 41,0–79,0 і 33,0–70,0 см відповідно та на карликових 25,0–45,0 см.

Величина урожаю з дерева була найвищою у більшості сортів на підщепах ММ106, Д-471, 54-118 і К 104.

Високу урожайність насаджень забезпечили сорти Амулет на підщепах Д-471 (21,05 т/га), 54-118 (18,4 т/га), Аскольда на підщепах Д-471 (16,98 т/га) і ММ106 (15,98 т/га), Ревена на 54-118 (30,8 т/га), ММ106 (19,18 т/га), К 104 (18,5 т/га), КД 5 (27,0 т/га) і Д-1071 (20,8 т/га), Ренет Симиренка на Д-471 (11,46 т/га). Отже, більшість сортів забезпечили найвищу урожайність насаджень на підщепах 54-118, ММ106, Д-471 і Д-1071.

На Слобожанщині (Красний кут) вищий врожай отримали з сортів Амулет на підщепах 54-118 (15,0 т/га), М26 (15,5 т/га), М9 (32,9 т/га), КД 4 (21,5 т/га), Д-3038 (12,6 т/га); Ревена на підщепах ММ106 (12,0 т/га), Д-471(12,1 т/га), К 104 (11,8 т/га); Ренет Симиренка на підщепах Слобожанська (12,5 т/га) та Д-1071(12,2 т/га).

На Сумщині у поточному році в результаті досліджень за урожайністю виділено такі сортопідщепні комбінування: Амулет на підщепах М9 (27,0 т/га), Батуринська (19,1 т/га), М26 (15,1 т/га), КД 5 (17,7 т/га); Ревена на підщепах Д-1161 (20,0 т/га), К 104 (19,6 т/га), Слобожанська (21,6 т/га), КД 4 (22,2 т/га), Д-1071 (25,2 т/га) та Д-3038 (22,0 т/га); Аскольда на підщепах Д-1071 (12,2 т/га), М9 (6,2 т/га), Надія (4,5 т/га), ММ106 (5,6 т/га); Ренет Симиренка на підщепах Самбірська (5,2 т/га), М9 (3,5 т\га), К 104 (3,0 т/га) та Надія (2,5 т/га).

На Поділлі інтенсивність квітування у варіантах досліду становила 4−9 балів. В період цвітіння яблуні, з 4 по 13 травня, погодні умови, за низької температури повітря і опадів, були несприятливими для запилення та зав'язування плодів. В результаті цього зав'язування плодів у варіантах було низьким, а у сорту Ренет Симиренка взагалі відсутнє. За таких умов кращі показники врожайності у варіантах з комбінуваннями сортів Ревена, Аскольда, Амулет і Тодес. Сорт Ревена за врожайністю перевищував контроль в комбінуванні з карликовою підщепою КД 4 – 12,9 т/га, контроль (в комбінуванні з М9) – 11,6 т/га, з напівкарликовою підщепою К 104 – 9,8 т/га, контроль (в комбінуванні з 54-118) – 8,0 т/га. В сорту Аскольда вищий врожай плодів отримано в комбінуванні з карликовою підщепою М9 (контроль) – 19,2 т/га, в комбінуванні з напівкарликовими підщепами Надія – 3,7 т/га і М26 – 3,8 т/га, на контролі (54-118) – 2,5 т/га. У сорту Амулет кращий результат по врожайності одержано на карликовій підщепі М9 (контроль) − 24,5 т/га, напівкарликовій підщепі Д-1161 – 14,6 т/га, (контроль (54-118) – 7,3 т/га), а серед середньорослих підщеп на ММ106 – 13,3 т/га.

На восьмий рік після садіння в ІС НААН дерева яблуні продовжували активно рости. При цьому середня довжина пагонів у всіх сортів яблуні на середньорослих і напівкарликових підщепах була переважно в межах 46,0–75,0 і 27,0–64,0 см відповідно та на карликових 26,0–54,0 см. Така ж в цілому закономірність простежується і по сумарній довжині пагонів 34,4–89,3; 10,6–66,8 і 6,8–33,3 м відповідно. На кінець восьмої вегетації дерева на середньорослих підщепах досягли висоти 2,6–3,8; на напівкарликових 1,8–3,3 м і карликових 1,4–2,2 м. Діаметр штамба, як основний показник фізіологічного стану дерев, також був найбільший у дерев всіх сортів на середньорослих підщепах (5,8–12,8 см), ніж у дерев на напівкарликових (3,6–10,0 см) і карликових (3,6–6,5 см) підщепах.

Більш трудомістким було обрізування дерев на середньорослих підщепах, при цьому затрати часу становили 92,0–402,0 сек./дер., а кількість видаленої деревини була в межах 0,6–5,3 кг/дер. У дерев на напівкарликових підщепах затрати часу були в межах 70,0–306,0 сек./дер., а видалена деревина складала в середньому 0,4–4,0 кг/дер., на карликових 31–85 сек./дер. і 0,3–1,3 кг/дер.

На восьмий рік після садіння величина урожаю з дерева була найвищою у більшості сортів на підщепах ММ106, Д-471, 54-118 і Д-1904.

Високу урожайність восьмирічних насаджень забезпечили сорти Амулет на підщепах Д-471 (28,2 т/га), ММ106 (22,3 т/га), 54-118 (18,3 т/га), М26 (22,3 т/га), Надія (21,7 т/га) та на карликових М9 (28,6 т/га), Д-1071 (25,4 т/га), Д-3038 (23,4 т/га); Аскольда на підщепах ММ106 (15,5 т/га), Д-1161 (17,3 т/га) Батуринська (20,7 т/га) та Д-3038 (16,0 т/га); Ревена на 54-118 (17,6 т/га), М9 (20,6 т/га), КД 5 (20,0 т/га) і Д-1071 (28,0 т/га). У Ренет Симиренка отримали в цілому низьку урожайність. Отже, більшість сортів забезпечили найвищу урожайність даних насаджень на середньорослих (54-118, ММ106 і Д-471) та карликових (Д-1071) підщепах. Середня вага плода була вищою у сортів Амулет (160–220 г) і Аскольда (135–180 г). У Ревени і Ренет Симиренка в межах 95–125 г без істотної різниці по силі росту підщеп.

Висновки. В цілому, в перші роки плодоношення в весняний період були не зовсім сприятливі кліматичні умови, особливо в фазу цвітіння дерев (заморозки та прохолодна погода). В період вегетації кількість опадів становила 30-50 % від багаторічних, а в 2017 році навіть в 2-3 рази менше.

Скороплідними виявилися сорти Ревена в комбінуванні з підщепами КД 5 (7,1 т/га), Самбірська (6,8 т/га), 54-118 (6,1 т/га), Батуринська (5,8 т/га), М9 (5,6 т/га), Д-1071 (5,2 т/га) та Амулет на підщепі КД 5 (6,3 т/га), які на третій рік після садіння забезпечили вступ насаджень в товарне плодоношення. У Східному Лісостепу також відзначилися сорти Ревена на підщепі Д-1071 і Надія (6,7 т/га), Амулет на М9 (9,0 т/га) і Д-1161 (4,4 т/га), на Поділлі сорт Ревена на М9 (5,7 т/га) і 54-118 (6,2 т/га).

В перші роки плодоношення найбільш адаптивними, що забезпечили найвищу середню урожайність, виявились підщепи 54-118, Д-471, Д-1071, Марія, Батуринська. Найбільш урожайними виявились насадження сортів Ревена на підщепах КД 5 (22,2 т/га), 54-118 (21,4 т/га), Д-1071 (18,6 т/га) і М9 (15,2 т/га) та Амулет на підщепах Д-471 і 54-118 (17,5–17,7 т/га), Д-3038 (14,9 т/га), Надія (14,6 т/га) та М9 (14,1 т/га), Аскольда лише на Батуринській і 54-118 (13,0–13,5 т/га). Сорт Ренет Симиренка в цих екстремальних кліматичних умовах виявився низько урожайним. Лише підщепи Д-471, 54-118, М106 і Надія забезпечили середню урожайність на рівні 10,0 т/га, а інші в 2–3 рази меншу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Чиж О.Д., Фільов В.В., Гаврилюк О.М., Чухіль С.М. Інтенсивні сади яблуні. *Аграрна наука.* Київ. 2008. С. 224.
2. Дядченко Д.О. Клонові підщепи яблуні у Східному Лісостепу України. *Садівництво*. 2005. Вип. 57. С. 192-197.
3. Чигрин Н.Ф. Оцінка нових клонових підщеп яблуні в умовах Донбасу. *Садівництво*. 1996. № 3. С. 19.
4. Соболь В.А., Сухойван О.М. Аналіз результатів вивчення підщеп яблуні (Malus domestica borkh.) і груші (Pirus communis l.) в розсаднику і саду дослідної мережі Інституту садівництва НААН. *Садівництво*. 2011. № 65.
5. ДСТУ 4938:2008 Саджанці плодових культур. Технічні умови.
6. Кондратенко П.В., Бублик М.О. Методика проведення польових досліджень з плодовими культурами. *Аграрна наука*. Київ. 1996. С. 95.
7. Бублик М.О., Чиж О.Д. Методика державного випробування вегетативно розмножуваних підщеп яблуні на придатність до поширення в Україні. *Охорона прав на сорти рослин.* Київ. 2007. № 1. С. 33-48.
8. Кондратенко П.В., Бублик М.О., Шестопаль О.М. та ін. Методика економічної та енергетичної оцінки типів насаджень, сортів, інвестицій в основний капітал, інновацій та результатів технологічних досліджень у садівництві. Київ. 2006. С. 36-67.

REFERENCES:

1. Chyzh, O.D., Filiov, V.V., Havryliuk, O.M., & Chukhil, S.M. (2008). Intensyvni sady yabluni [Intensive apple orchards]. Kyiv: Ahrarna nauka, 224 p. [in Ukrainian].
2. Diadchenko, D.O. (2005). Klonovi pidshchepy yabluni u Skhidnomu Lisostepu Ukrainy [Clonal apple rootstocks in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine]. Sadivnytstvo, 57, 192–197 [in Ukrainian].
3. Chyhryn, N.F. (1996). Otsinka novykh klonovykh pidshchep yabluni v umovakh Donbasu [Evaluation of new clonal apple rootstocks under the conditions of Donbas]. Sadivnytstvo, 3, 19 [in Ukrainian].
4. Sobol, V.A., & Sukhoivan, O.M. (2011). Analiz rezultativ vyvchennia pidshchep yabluni (Malus domestica Borkh.) i hrushi (Pirus communis L.) v rozsadnyku i sadu doslidnoi merezhi Instytutu sadivnytstva NAAN [Analysis of the results of studying apple (Malus domestica Borkh.) and pear (Pirus communis L.) rootstocks in the nursery and orchard of the experimental network of the Institute of Horticulture of NAAS]. Sadivnytstvo, 65 [in Ukrainian].
5. DSTU 4938:2008. Sadzhantsi plodovykh kultur. Tekhnichni umovy [Fruit crop planting material. Technical specifications]. Kyiv, 2008 [in Ukrainian].
6. Kondratenko, P.V., & Bublyk, M.O. (1996). Metodyka provedennia polovykh doslidzhen z plodovymy kulturamy [Methods of conducting field studies with fruit crops]. Kyiv: Ahrarna nauka, 95 p. [in Ukrainian].
7. Bublyk, M.O., & Chyzh, O.D. (2007). Metodyka derzhavnoho vyprobuvannia vehetatyvno rozmnozhuvanykh pidshchep yabluni na prydatnist do poshyrennia v Ukraini [Methodology for state testing of vegetatively propagated apple rootstocks for suitability for distribution in Ukraine]. Okhorona prav na sorty roslyn, 1, 33–48 [in Ukrainian].
8. Kondratenko, P.V., Bublyk, M.O., Shestopal, O.M., et al. (2006). Metodyka ekonomichnoi ta enerhetychnoi otsinky typiv nasadzhen, sortiv, investytsii v osnovnyi kapital, innovatsii ta rezultativ tekhnolohichnykh doslidzhen u sadivnytstvi [Methodology for economic and energy assessment of plantation types, cultivars, investments in fixed capital, innovations, and results of technological research in horticulture]. Kyiv, 36–67 p. [in Ukrainian].

Соболь В.А., Литовченко М.О., Тарнавська К.П., Чухіль С.М., Васюта С.О. Адаптивність кращих вітчизняних та інтродукованих підщеп яблуні до різних грунтово-кліматичних умов України в перші роки товарного плодоношення

Мета досліджень – виділення найбільш адаптивних підщеп яблуні стосовно основних зон вирощування даної культури, оцінка біологічного потенціалу сорто-підщепних комбінувань в конкретних умовах для кожної із зон.

Методика досліджень. Комплексні дослідження закладено одночасно в п'яти наукових установах мережі Інституту садівництва НААН в 2013 році з вивчення адаптивності клонових підщеп яблуні. Вивчалися сорти яблуні Амулет, Аскольда, Ренет Симиренка, Ревена з 17 новими і перспективними клоновими підщепами для яблуні. Насадження створені з використанням садивного матеріалу, що відповідає вимогам «ДСТУ 4938:2008. Саджанці плодових культур. Технічні умови» [5].

Обліки та спостереження проводились за методиками Кондратенка П.В., Бублика М.О. [6] та Чиж О.Д., Бублика М.О. [7].

Економічну й енергетичну ефективність визначали за методикою Шестопаля О. М. [8].

Статистичну обробку результатів досліджень робили за Б.О. Доспєховим з використанням персонального комп'ютера за відповідною програмою (Кондратенко П.В., Бублик М.О.).

Результати. У комплексному дослідженні, закладеному в шести наукових установах мережі НААН, встановлено, що приживлюваність саджанців яблуні була високою і становила 99–100%. У перший рік після садіння найінтенсивніший ріст дерев забезпечували середньорослі та напівкарликові підщепи (ММ106, Д 471, Д 1904, 54-118), тоді як на карликових і суперкарликових підщепах ріст був більш стриманим. Подібна закономірність спостерігалась у всіх ґрунтово-кліматичних зонах досліджень.

На другий і третій роки після садіння дерева активно нарощували вегетативну масу. Найбільші біометричні показники (висота, діаметр штамба та довжина пагонів) формували дерева на середньорослих і напівкарликових підщепах, тоді як карликові підщепи забезпечували обмежений ріст та швидший вступ у плодоношення. Найбільш скороплідним серед досліджуваних сортів був сорт Ревена, який почав плодоносити вже на другий рік після садіння.

У четвертий–шостий роки насадження вступили в період активного плодоношення. Найвищу врожайність у більшості випадків забезпечували сорто-підщепні комбінування з карликовими та напівкарликовими підщепами (М9, Д 1071, Д 3038, 54-118, Батуринська, Надія, М26). Водночас дерева на середньорослих підщепах характеризувалися більшою силою росту та вимагали більших затрат праці на обрізування. Урожайність окремих комбінувань досягала 30-40 т/га.

На сьомий і восьмий роки досліджень тенденції збереглися: найінтенсивніший ріст відзначено на середньорослих підщепах, тоді як найвищу продуктивність забезпечували переважно карликові та окремі напівкарликові підщепи. Найкращі результати за врожайністю отримано

у сортів Ревена, Амулет та Аскольда в поєднанні з підщепами М9, Д 1071, Д 3038, 54-118, ММ106 і Д 471. Сорт Ренет Симиренка характеризувався нижчою продуктивністю порівняно з іншими сортами.

Висновки. Скороплідними виявилися сорти Ревена в комбінуванні з підщепами КД 5 (7,1 т/га), Самбірська (6,8 т/га), 54-118 (6,1 т/га), Батуринська (5,8 т/га), М9 (5,6 т/га), Д-1071 (5,2 т/га) та Амулет на підщепі КД 5 (6,3 т/га), які на третій рік після садіння забезпечили вступ насаджень в товарне плодоношення. У Східному Лісостепу також відзначилися сорти Ревена на підщепі Д-1071 і Надія (6,7 т/га), Амулет на М9 (9,0 т/га) і Д-1161 (4,4 т/га), на Поділлі сорт Ревена на М9 (5,7 т/га) і 54-118 (6,2 т/га).

В перші роки плодоношення найбільш адаптивними, що забезпечили найвищу середню урожайність, виявились підщепи 54-118, Д-471, Д-1071, Марія, Батуринська. Найбільш урожайними виявились насадження сортів Ревена на підщепах КД 5 (22,2 т/га), 54-118 (21,4 т/га), Д-1071 (18,6 т/га) і М9 (15,2 т/га) та Амулет на підщепах Д-471 і 54-118 (17,5–17,7 т/га), Д-3038 (14,9 т/га), Надія (14,6 т/га) та М9 (14,1 т/га), Аскольда лише на Батуринській і 54-118 (13,0–13,5 т/га). Сорт Ренет Симиренка в цих екстремальних кліматичних умовах виявився низько урожайним. Лише підщепи Д-471, 54-118, М106 і Надія забезпечили середню урожайність на рівні 10,0 т/га, а інші в 2–3 рази меншу.

Ключові слова: яблуня, підщепи, сорти, насадження, Правобережний Західний і Лівобережний Лісостеп, сорто-підщепні комбінування, трудомісткість обрізування, урожайність.

Sobol V.A., Lytovchenko M.O., Tarnavska K.P., Chukhil S.M., Vasiuta S.O. Adaptability of the Best Domestic and Introduced Apple Rootstocks to Different Soil and Climatic Conditions of Ukraine during the Early Years of Commercial Fruiting

Objective. The aim of the research was to identify the most adaptable apple rootstocks for the main apple-growing regions of Ukraine and to evaluate the biological potential of scion–rootstock combinations under the specific environmental conditions of each region.

Materials and Methods. Comprehensive studies were established simultaneously in 2013 at five research institutions of the network of the Institute of Horticulture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (NAAS) to investigate the adaptability of clonal apple rootstocks. Four apple cultivars–Amulet, Askolda, Renet Simirenko, and Revena–were studied in combination with 17 new and promising clonal rootstocks. The orchards were established using planting material that met the requirements of **DSTU 4938:2008 "Fruit Crop Nursery Trees. Specifications."**

Observations and measurements were conducted according to the methodologies developed by Kondratenko P.V. and Bublyk M.O., as well as Chyzh O.D. and Bublyk M.O. Economic and energy efficiency were evaluated following the methodology of Shestopal O.M. Statistical analysis was performed according to Dospekhov B.A. using a personal computer and the software recommended by Kondratenko P.V. and Bublyk M.O.

Results. In the comprehensive experiment conducted at six research institutions of the NAAS network, the survival rate of apple trees was high, reaching 99–100%. During the first year after planting, the most vigorous tree growth was observed on semi-vigorous and semi-dwarf rootstocks (MM106, D 471, D 1904, and 54-118), whereas growth was more restrained on dwarf and super-dwarf rootstocks. This trend was consistent across all soil and climatic zones included in the study.

During the second and third years after planting, trees actively developed vegetative growth. The highest biometric characteristics (tree height, trunk diameter, and shoot length) were recorded on semi-vigorous and semi-dwarf rootstocks, whereas dwarf rootstocks restricted vegetative growth but promoted earlier fruit bearing. Among the cultivars studied, Revena proved to be the most precocious, producing fruit as early as the second year after planting.

During the fourth to sixth years, the orchards entered the period of active fruiting. The highest yields were generally obtained from scion–rootstock combinations involving dwarf and semi-dwarf rootstocks (M9, D 1071, D 3038, 54-118, Baturynska, Nadiia, and M26). Trees on semi-vigorous rootstocks exhibited greater vegetative vigor but required more labor for pruning. The yield of individual combinations reached 30–40 t/ha.

During the seventh and eighth years, the same trends persisted. The most vigorous tree growth was observed on semi-vigorous rootstocks, whereas the highest productivity was achieved mainly on dwarf and selected semi-dwarf rootstocks. The best yielding combinations were obtained with the cultivars Revena, Amulet, and Askolda grafted on M9, D 1071, D 3038, 54-118, MM106, and D 471. The cultivar Renet Simirenko demonstrated lower productivity than the other cultivars.

Conclusions. The earliest fruiting was observed in the cultivar Revena grafted on KD 5 (7.1 t/ha), Sambirska (6.8 t/ha), 54-118 (6.1 t/ha), Baturynska (5.8 t/ha), M9 (5.6 t/ha), and D 1071 (5.2 t/ha), as well as in the cultivar Amulet on KD 5 (6.3 t/ha), which entered commercial fruiting in the third year after planting. In the Eastern Forest-Steppe, the best-performing combinations were Revena on D 1071 and Nadiia (6.7 t/ha), and Amulet on M9 (9.0 t/ha) and D 1161 (4.4 t/ha). In Podillia, the highest early yields were obtained from Revena on M9 (5.7 t/ha) and 54-118 (6.2 t/ha).

During the early fruiting period, the most adaptable rootstocks providing the highest average yields were 54-118, D 471, D 1071, Mariia, and Baturynska. The highest-yielding orchards were those of Revena on KD 5 (22.2 t/ha), 54-118 (21.4 t/ha), D 1071 (18.6 t/ha), and M9 (15.2 t/ha), and Amulet on D 471 and 54-118 (17.5–17.7 t/ha), D 3038 (14.9 t/ha), Nadiia (14.6 t/ha), and M9 (14.1 t/ha). For Askolda, high productivity was achieved only on the Baturynska and 54-118 rootstocks (13.0–13.5 t/ha). Under these extreme climatic conditions, the cultivar Renet Simirenko exhibited low productivity. Only the rootstocks D 471, 54-118, MM106, and Nadiia ensured average yields of approximately 10.0 t/ha, whereas the remaining rootstocks produced yields two to three times lower.

Key words: apple, rootstocks, cultivars, orchards, Right-Bank Western Forest-Steppe, Left-Bank Forest-Steppe, scion–rootstock combinations, pruning labor requirement, yield.

Дата першого надходження статті до видання: 08.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 633.853.494:631.5:631.559:551.5(477.63)
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.24

ОСІННЄ ФОРМУВАННЯ АГРОФІТОЦЕНОЗУ ТА ЗИМОСТІЙКІСТЬ ГІБРИДІВ РІПАКУ ОЗИМОГО В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

ХМАРА С.П. – аспірант
orcid.org/0009-0006-1435-5226
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
КОЗЕЧКО В.І. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0002-3843-3093
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Ріпак озимий є важливою олійною культурою, продуктивність якої значною мірою визначається станом посіву, сформованим до входження рослин у зимовий період. Для північного Степу України особливо актуальними є питання рівномірного проростання насіння, збереження оптимальної густоти та підготовленості рослин до перезимівлі за нестійкого зволоження.

Осіння вегетація є критичним етапом онтогенезу ріпаку озимого. У цей час формуються розетка листків, коренева система, коренева шийка та запас пластичних речовин. За дефіциту продуктивної вологи в період сівби рослини розвиваються нерівномірно, а навіть високий відсоток перезимівлі не завжди забезпечує достатню фактичну густоту навесні.

Отже, для наукового обґрунтування добору гібридів і технологічних рішень необхідно комплексно оцінювати не лише гідротермічні умови року, а й польову схожість, запаси вологи, морфобіометричні показники та збереженість рослин після зими.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні дослідження підтверджують, що формування врожаю ріпаку озимого істотно залежить від гідротермічних умов вегетаційного періоду [1]. Особливе значення мають ранні етапи розвитку, оскільки саме вони визначають стартову щільність агрофітоценозу та здатність рослин накопичити достатню біомасу до зими.

У працях A. Szatkowski та співавторів показано, що агротехнічні заходи восени впливають на кількість листків, довжину кореня, діаметр кореневої шийки та успішність перезимівлі [5]. K.J. Jankowski та співавтори підкреслюють зв'язок між станом розетки, розвитком кореня і подальшою продуктивністю посівів [6].

За даними R. Velička та співавторів, оптимальна підготовленість ріпаку озимого до зими пов'язана з достатнім розвитком кореневої шийки та невисоким розміщенням точки росту [8]. O. Balodis і Z. Gaile зазначають, що польова схожість залежить від строку сівби, вологості ґрунту та продуктивних опадів, а перезимівля – від умов зими й початкового стану рослин [9-10]. У контексті кліматичної мінливості актуальним залишається порівняння адаптивності сучасних гібридів у конкретних регіональних умовах.

Мета статті. Встановити особливості формування польової схожості, густоти стояння, запасів продуктивної вологи, морфобіометричних показників і перезимівлі гібридів ріпаку озимого Inv1177 та Inv1188 у мінливих гідротермічних умовах осіннього періоду вегетації північного Степу України.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проведено у 2023–2025 роках у зоні північного Степу України. Об'єктом були гібриди ріпаку озимого Inv1177 та Inv1188. Визначали суму опадів від сівби до припинення осінньої вегетації, суму ефективних температур вище +5 °С, тривалість осіннього періоду, польову схожість насіння, густоту рослин, запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–100 см, висоту рослин, довжину кореневої системи, повітряно-суху масу, діаметр і висоту кореневої шийки.

Перезимівлю оцінювали за відсотком збережених рослин і фактичною кількістю рослин на одиниці площі після зимового періоду. Статистичну обробку виконували за середніми значеннями, відносними відмінностями між гібридами та коефіцієнтом варіації. Отримані показники розглядали як комплексну характеристику адаптивності гібридів до умов осіннього періоду.

Результати досліджень. Гідротермічні умови осіннього періоду вегетації ріпаку озимого у 2023–2025 роках відзначалися значною міжрічною мінливістю за кількістю опадів за відносно близької суми ефективних температур (табл. 1).

Найменше опадів зафіксовано у 2023 році – 79,9 мм, найбільше – у 2025 році, коли їх сума становила 132,4 мм. Водночас сума ефективних температур змінювалася вужче – від 487,3 до 501,4 °С. Це свідчить, що за роки досліджень вирішальним чинником осіннього розвитку був передусім водний режим.

Тривалість осінньої вегетації становила 96–112 діб. Проте подовження цього періоду не завжди забезпечувало кращий розвиток рослин, оскільки ефективність використання тепла залежала від наявності продуктивної вологи в ґрунті.

Польова схожість насіння та густота стояння рослин відображали реакцію гібридів на умови року (табл. 2).

Найвищі показники отримано у 2024 році: польова схожість становила 92% у Inv1177 і 90% у Inv1188,

© Хмара С.П., Козечко В.І., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Таблиця 1

Гідротермічні умови осіннього періоду вегетації ріпаку озимого

Рік	Сума опадів, мм	Сума ефективних температур вище +5 °С	Тривалість осіннього періоду, діб	Дата припинення вегетації
2023	79,9	489,9	96	6 грудня
2024	121,3	501,4	102	28 листопада
2025	132,4	487,3	112	2 грудня
Середнє	111,2	492,87	103	–

Таблиця 2

Польова схожість та густота рослин гібридів ріпаку озимого

Рік	Гібрид	Польова схожість, %	Густота рослин, шт./м²
2023	Inv1177	86	43
	Inv1188	82	41
2024	Inv1177	92	46
	Inv1188	90	45
2025	Inv1177	82	41
	Inv1188	78	39
Середнє	Inv1177	86,7	43,3
	Inv1188	83,3	41,7

Таблиця 3

Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–100 см

Рік	На час сівби, мм	На час припинення осінньої вегетації, мм	Приріст за осінній період, мм
2023	39,1	96,0	56,9
2024	40,1	102,5	62,4
2025	21,1	78,8	57,7
Середнє	33,4	92,4	59,0

а густота – 46 і 45 шт./м² відповідно. У 2025 році ці показники знизилися до 82% і 78%, що вказує на менш сприятливі умови проростання.

У середньому за три роки Inv1177 переважав Inv1188 за польовою схожістю на 3,4 в.п. та за густотою стояння на 1,6 шт./м². Це свідчить про кращу здатність гібриду Inv1177 формувати вирівняний посів за мінливого вологозабезпечення.

Дані щодо запасів продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту наведено в таблиці 3.

У 2023 і 2024 роках запаси вологи на час сівби були близькими – 39,1 і 40,1 мм. У 2025 році вони становили лише 21,1 мм, що пояснює нижчу польову схожість і слабший початковий розвиток рослин. На час припинення осінньої вегетації запаси вологи зростали в усі роки, але найнижчими залишалися у 2025 році – 78,8 мм.

У середньому за три роки вміст продуктивної вологи збільшувався з 33,4 до 92,4 мм. Отже, поповнення запасів восени не завжди компенсувало дефіцит, який виникав безпосередньо в період сівби.

Морфобіометричні показники рослин на час припинення осінньої вегетації подано в таблиці 4.

Найбільш розвинені рослини сформувалися у 2023 році. У гібрида Inv1177 висота становила 26,4 см, довжина кореневої системи – 26,8 см, повітряно-суха маса – 11,2 г, діаметр кореневої шийки – 1,22 см. У Inv1188 ці показники були нижчими, що засвідчує дещо слабший розвиток рослин.

У 2025 році відмічено мінімальні значення більшості показників. У Inv1177 повітряно-суха маса зменшилася до 6,7 г, а діаметр кореневої шийки – до 0,92 см; у Inv1188 – до 6,1 г і 0,88 см відповідно. Це відображає недостатню підготовленість рослин до зимового періоду за обмеженого стартового вологозабезпечення.

У середньому Inv1177 перевищував Inv1188 за висотою рослин на 6,1%, довжиною кореня – на 5,9%, повітряно-сухою масою – на 8,4%, діаметром кореневої шийки – на 4,9%. Така перевага є важливою з позиції подальшої збереженості рослин і весняного відновлення.

Рівень перезимівлі рослин наведено в таблиці 5.

У середньому за роки досліджень рівень перезимівлі обох гібридів становив 92%. Водночас фактична густота після зими була вищою у Inv1177 – 40 шт./м² проти 38 шт./м² у Inv1188. Це пояснюється кращою осінньою густотою і більш розвиненими рослинами першого гібриду.

У 2025 році відсоткова перезимівля залишалася високою, проте фактична густота рослин після зими зменшилася до 36 шт./м² в обох гібридів. Тому оцінювання зимостійкості доцільно поєднувати з аналізом вихідної густоти й морфологічного стану рослин восени.

Таблиця 4

Розвиток рослин гібридів ріпаку озимого на час припинення осінньої вегетації

Рік	Гібрид	Висота, см	Довжина кореня, см	Повітряно-суха маса, г	Діаметр кореневої шийки, см	Висота кореневої шийки, см
2023	Inv1177	26,4	26,8	11,2	1,22	2,6
	Inv1188	24,8	25,2	10,4	1,16	2,4
2024	Inv1177	23,1	23,9	9,1	1,10	2,2
	Inv1188	22,0	22,6	8,5	1,05	2,1
2025	Inv1177	18,6	18,9	6,7	0,92	1,7
	Inv1188	17,4	17,8	6,1	0,88	1,6
Середнє	Inv1177	22,7	23,2	9,0	1,08	2,2
	Inv1188	21,4	21,9	8,3	1,03	2,0

Таблиця 5

Перезимівля рослин гібридів ріпаку озимого

Рік	Гібрид	Перезимівля, %	Кількість рослин після зими, шт./м²
2023	Inv1177	93	40
	Inv1188	92	38
2024	Inv1177	92	42
	Inv1188	91	41
2025	Inv1177	90	36
	Inv1188	92	36
Середнє	Inv1177	92	40
	Inv1188	92	38

Таблиця 6

Середні значення та міжрічна варіація основних показників

Показник	Середнє значення	Коефіцієнт варіації, %
Опади за осінній період, мм	111,2	24,9
Продуктивна волога на час сівби, мм	33,4	32,0
Продуктивна волога на час припинення вегетації, мм	92,4	13,2
Польова схожість Inv1177, %	86,7	5,8
Польова схожість Inv1188, %	83,3	7,2
Повітряно-суха маса Inv1177, г	9,0	25,0
Повітряно-суха маса Inv1188, г	8,3	25,8
Густота після перезимівлі Inv1177, шт./м²	40,0	7,6
Густота після перезимівлі Inv1188, шт./м²	38,0	6,6

Узагальнення середніх значень і коефіцієнтів варіації основних показників наведено в таблиці 6.

Найбільшу варіабельність мали запаси продуктивної вологи на час сівби – 32,0%, що підтверджує їх роль як найбільш нестабільного чинника осіннього розвитку. Варіація повітряно-сухої маси становила 25,0–25,8%, тоді як фактична густота після перезимівлі змінювалася менше.

Отримані результати дають підстави вважати, що у досліджуваних умовах ключовим є формування якісного осіннього агрофітоценозу. Гібрид Inv1177 мав перевагу за більшістю показників, що характеризують адаптивність до нестійкого водного режиму північного Степу України.

Висновки

1. Осінній період вегетації ріпаку озимого у 2023–2025 роках характеризувався істотною мінливістю зволоження. Найбільш нестабільним показником були запаси продуктивної вологи на час сівби, коефіцієнт варіації яких становив 32,0%.

2. Гібрид Inv1177 забезпечував вищу польову схожість і густоту стояння рослин порівняно з Inv1188. У середньому польова схожість становила 86,7% проти 83,3%, а густота восени – 43,3 проти 41,7 шт./м².

3. Передпосівне вологозабезпечення мало вирішальне значення для формування рівномірних сходів. У 2025 році зменшення запасів продуктивної вологи до 21,1 мм супроводжувалося найнижчими показниками польової схожості та слабшим розвитком рослин.

4. За морфобіометричними ознаками Inv1177 переважав Inv1188 за висотою рослин, довжиною кореневої системи, повітряно-сухою масою та діаметром кореневої

шийки. Найкращий розвиток рослин відмічено у 2023 році, найслабший – у 2025 році.

5. Середній рівень перезимівлі обох гібридів становив 92%, проте фактична густота після зими була вищою у Inv1177 – 40 шт./м² проти 38 шт./м² у Inv1188.

6. Для умов північного Степу України гібрид Inv1177 можна вважати більш адаптивним за комплексом ознак осіннього розвитку та збереження густоти після перезимівлі. Подальші дослідження доцільно поєднати з аналізом урожайності й якості насіння.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Василенко С. Озимий ріпак: сучасні гібриди, технології вирощування та способи підживлення. Агронаука і практика. 2024. No 3(4). С. 38–43. https://doi.org/10.32636/agroscience.2024-(3)-4-5.
2. Ткачук О.П., Разанов С.Ф., Банул С.О. Наукові принципи підбору сортів і гібридів ріпаку озимого. Український журнал природничих наук. 2024. No 7. С. 175–181. https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.19
3. Курцев В. Технологічні аспекти вирощування ріпаку. Агробізнес сьогодні. 2017. No 20. С. 51−55.
4. 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.
5. Szatkowski A., Sokólski M., Załuski D., Jankowski K.J. The Effects of Agronomic Management in Different Tillage Systems on the Fall Growth of Winter Oilseed Rape. Agriculture. 2023. Vol. 13(2). Article 440. https://doi.org/10.3390/agriculture13020440.
6. Jankowski K.J., Sokólski M., Szatkowski A. The Effect of Autumn Foliar Fertilization on the Yield and Quality of Winter Oilseed Rape Seeds. Agronomy. 2019. Vol. 9(12). Article 849. https://doi.org/10.3390/agronomy9120849.
7. Brown J.K.M., Beeby R., Penfield S. Yield instability of winter oilseed rape modulated by early winter temperature. Scientific Reports. 2019. Vol. 9. Article 6953. https://doi.org/10.1038/s41598-019-43461-7.
8. Velička R., Anisimovienė N., Pupalienė R., Jankauskienė J., Butkevičienė L.M., Kriaučiūnienė Z. Preparation of oilseed rape for over-wintering according to autumnal growth and cold acclimation period. Žemdirbystė=Agriculture. 2010. Vol. 97(3). P. 69–76.
9. Balodis O., Gaile Z. Changes of Winter Oilseed Rape Plant Survival During Vegetation. Proceedings of the Latvia University of Agriculture. 2015. Vol. 33(328). P. 36–45. DOI: 10.1515/plua-2015-0005.
10. Mendham N.J., Shipway P.A., Scott R.K. The effects of delayed sowing and weather on growth, development and yield of winter oil-seed rape (Brassica napus). The Journal of Agricultural Science. 1981. Vol. 96(2). P. 389–416. https://doi.org/10.1017/S002185960006617X.

REFERENCES:

1. Vasylenko, S. (2024). Ozymyi ripak: suchasni hibrydy, tekhnolohii vyroshchuvannia ta sposoby pidzhyvlennia [Winter repack: current hybrids, development technologies and methods of cultivation]. Ahronauka i praktyka, 3 (4), 8–43. https://doi.org/10.32636/agroscience.2024-(3)-4-5 [in Ukrainian].
2. Tkachuk, O.P., Razanov, S.F., & Banul, S.O. (2024). Naukovi pryntsypy pidboru sortiv i hibrydiv ripaku ozymoho [Scientific principles of selection of varieties and hybrids of winter rapeseed]. Ukrainskyi zhurnal pryrodnychykh nauk, 7, 175–181. https://doi.org/10.32782/naturaljournal.7.2024.19 [in Ukrainian].
3. Kurtsev, V. (2017). Tekhnolohichni aspekty vyroshchuvannia ripaku [Technological aspects of the development of repack]. Ahrobiznes sohodni, 20, 51−55 [in Ukrainian].
4. Donets, A.O. (2013). Productivity of winter rapeseed depending on the varietal composition, plant density and mineral nutrition background [Produktyvnist ripaku ozymoho zalezhno vid sortovoho skladu, hustoty stoiannia roslyn ta fonu mineralnoho zhyvlennia]. Zroshuvane zemlerobstvo, 60, 121–124 [in Ukrainian].
5. Szatkowski A., Sokólski M., Załuski D., Jankowski K.J. The Effects of Agronomic Management in Different Tillage Systems on the Fall Growth of Winter Oilseed Rape. Agriculture. 2023. Vol. 13(2). Article 440. https://doi.org/10.3390/agriculture13020440.
6. Jankowski K.J., Sokólski M., Szatkowski A. (2019). The Effect of Autumn Foliar Fertilization on the Yield and Quality of Winter Oilseed Rape Seeds. Switzerland. Agronomy. Vol. 9(12). Article 849. https://doi.org/10.3390/agronomy9120849.
7. Brown J.K.M., Beeby R., Penfield S. (2019). Yield instability of winter oilseed rape modulated by early winter temperature. United Kingdom. Scientific Reports. Vol. 9. Article 6953. https://doi.org/10.1038/s41598-019-43461-7.
8. Velička R., Anisimovienė N., Pupalienė R., Jankauskienė J., Butkevičienė L.M., Kriaučiūnienė Z. Preparation of oilseed rape for over-wintering according to autumnal growth and cold acclimation period. Žemdirbystė=Agriculture. 2010. Vol. 97(3). P. 69–76.
9. Balodis O., Gaile Z. (2015). Changes of Winter Oilseed Rape Plant Survival During Vegetation. Latvia. Proceedings of the Latvia University of Agriculture. Vol. 33(328). P. 36–45. DOI: 10.1515/plua-2015-0005.
10. Mendham N.J., Shipway P.A., Scott R.K. (1981). The effects of delayed sowing and weather on growth, development and yield of winter oil-seed rape (Brassica napus). United Kingdom. The Journal of Agricultural Science. Vol. 96(2). P. 389–416. https://doi.org/10.1017/S002185960006617X.

Козечко В.І., Хмара С.П. Осіннє формування агрофітоценозу та зимостійкість гібридів ріпаку озимого в умовах північного Степу України

Мета. Метою дослідження було встановити особливості формування польової схожості, густоти стояння, запасів продуктивної вологи, морфобіометричних показників і перезимівлі гібридів ріпаку озимого Inv1177 та Inv1188 у мінливих гідротермічних умовах осіннього періоду вегетації північного Степу України. **Методи.** Дослідження проводили у 2023–2025 роках у зоні північного Степу України. Оцінювали суму опадів за період від сівби до припинення осінньої вегетації, суму ефективних температур вище +5 °С, тривалість осіннього періоду, польову схожість насіння, густоту рослин, запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0–100 см, висоту рослин, довжину кореневої системи, повітряно-суху масу, діаметр і висоту кореневої шийки та збереженість рослин після зими. Обробку даних виконували за середніми значеннями, відносними відмінностями між гібридами та коефіцієнтом варіації. **Результати.** Встановлено, що найбільш мінливим чинником осіннього розвитку були

запаси продуктивної вологи на час сівби, які коливалися від 21,1 до 40,1 мм. Найвища польова схожість обох гібридів сформувалася у 2024 році: 92% у Inv1177 і 90% у Inv1188. У 2025 році, попри найбільшу суму опадів за осінній період, зменшення передпосівних запасів вологи до 21,1 мм супроводжувалося найнижчою польовою схожістю, нижчою густотою посіву та слабшим морфологічним розвитком рослин. У середньому Inv1177 мав вищу польову схожість, більшу густоту восени, вищу повітряно-суху масу, більший діаметр кореневої шийки і вищу фактичну густоту після перезимівлі порівняно з Inv1188. **Висновки.** Гібрид Inv1177 виявив кращу адаптивність до умов північного Степу України за комплексом показників осіннього розвитку та збереження густоти після зими. Для практики вирощування ріпаку озимого важливо оцінювати не лише відсоток перезимівлі, а й вихідну осінню густоту, розвиток кореневої системи та запаси продуктивної вологи на час сівби.

Ключові слова: Brassica napus L., водний режим, польова схожість, продуктивна волога, коренева шийка, агрофітоценоз, морфобіометрія.

Kozechko V.I., Khmara S.P. Autumn formation of agrophytocenosis and winter hardiness of winter rapeseed hybrids in the Northern Steppe of Ukraine

Purpose. The purpose of the study was to determine the peculiarities of field emergence, plant density, productive soil moisture reserves, morphometric parameters and overwintering of Inv1177 and Inv1188 winter rapeseed hybrids under variable hydrothermal conditions of the autumn growing season in the Northern Steppe of Ukraine. **Methods.** The study was carried out in 2023–2025 in the Northern Steppe zone of Ukraine. The amount of precipitation from sowing to the end of autumn vegetation, the sum of effective temperatures above +5 °C, the duration of the autumn period, field emergence, plant density, productive moisture reserves in the 0–100 cm soil layer, plant height, root length, air-dry plant weight, root collar diameter and height, and plant survival after winter were evaluated. Data processing included mean values, relative differences between hybrids and coefficients of variation. **Results.** The most variable factor of autumn development was the productive moisture reserve at sowing, which ranged from 21.1 to 40.1 mm. The highest field emergence of both hybrids was recorded in 2024: 92% for Inv1177 and 90% for Inv1188. In 2025, despite the highest total precipitation during the autumn period, the decrease in pre-sowing soil moisture to 21.1 mm was accompanied by the lowest field emergence, reduced stand density and weaker morphological development of plants. On average, Inv1177 exceeded Inv1188 in field emergence, autumn plant density, air-dry weight, root collar diameter and actual plant density after winter. **Conclusions.** Inv1177 showed better adaptability to the conditions of the Northern Steppe of Ukraine in terms of the complex of autumn development traits and preservation of stand density after winter. For practical winter rapeseed production, it is important to assess not only the percentage of overwintering but also the initial autumn stand density, root system development and productive soil moisture at sowing.

Key words: Brassica napus L., soil moisture, field emergence, stand density, root collar, rosette, morphometry.

Дата першого надходження статті до видання: 01.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 631.811:631.559:633.11"324"(477.63)
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.25

ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ ТА МІКРОДОБРИВ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

ЦИЛЮРИК О.І. – доктор сільськогосподарських наук, професор
orcid.org/0000–0002–7479–8401 Дніпровський державний аграрно–економічний університет
МІЩЕНКО М.Г. – PhD
orcid.org/0009–0003–3462–1075
Дніпровський державний аграрно–економічний університет

Постановка проблеми. Пшениця озима (*Triticum aestivum* L.) є однією з провідних зернових культур України, яка визначає рівень продовольчої безпеки держави та формує значну частину експортного потенціалу аграрного сектору. В умовах Північного Степу України ефективність її вирощування значною мірою залежить від забезпеченості рослин вологою, елементами живлення та здатності посівів адаптуватися до дії абіотичних стресових чинників. В останні роки кліматичні зміни характеризуються підвищенням середньодобових температур, збільшенням тривалості посушливих періодів, нерівномірним розподілом атмосферних опадів і частішими проявами екстремальних погодних явищ, що призводить до істотного зниження реалізації генетичного потенціалу сучасних сортів пшениці озимої [1–3].

Одним із перспективних напрямів підвищення адаптивності рослин та стабілізації врожайності є використання сучасних регуляторів росту й комплексних мікродобрив для позакореневого підживлення. Такі препарати активізують фізіолого–біохімічні процеси, покращують засвоєння елементів живлення, стимулюють розвиток кореневої системи, підвищують інтенсивність фотосинтезу та сприяють ефективнішому формуванню генеративних органів. Особливого значення їх застосування набуває в умовах недостатнього зволоження, коли ефективність ґрунтового живлення суттєво знижується, а позакореневе внесення забезпечує оперативне надходження необхідних макро– і мікроелементів до рослин [2, 4].

Незважаючи на значну кількість досліджень, присвячених застосуванню біостимуляторів і мікродобрив у технологіях вирощування зернових культур, питання порівняльної ефективності нових препаратів в умовах Північного Степу України залишається недостатньо вивченим. Потребують подальшого дослідження особливості їх впливу на формування біометричних показників рослин, елементів структури врожаю та продуктивності пшениці озимої за різних погодних умов вегетаційного періоду.

У зв'язку з цим актуальним є встановлення закономірностей формування продуктивності пшениці озимої залежно від застосування сучасних регуляторів росту та мікродобрив за позакореневого підживлення і визначення найбільш ефективних препаратів для підвищення врожайності культури в умовах Північного Степу України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підвищення продуктивності пшениці озимої за умов сучасних кліматичних змін є одним із пріоритетних напрямів агрономічної науки. Значна кількість досліджень свідчить, що поряд із традиційними системами удобрення дедалі більшого поширення набуває застосування регуляторів росту рослин, біостимуляторів та комплексних мікродобрив, здатних підвищувати ефективність використання елементів живлення, посилювати стійкість рослин до абіотичних стресів і забезпечувати стабільне формування врожаю [2, 4–16]

За даними сучасних оглядових досліджень, позакореневе внесення мікроелементів (Zn, B, Mn, Cu, Fe, Mo) у критичні фази органогенезу позитивно впливає на фотосинтетичну активність, інтенсивність азотного обміну, формування генеративних органів та якість зерна. Особливу ефективність демонструють препарати, що поєднують хелатовані мікроелементи з амінокислотами, гуміновими речовинами або екстрактами морських водоростей, які сприяють підвищенню посухостійкості та стабільності врожайності пшениці озимої в умовах зростання кліматичної мінливості [2–11].

Вітчизняні дослідження також підтверджують перспективність використання сучасних біостимуляторів у технологіях вирощування озимої пшениці. Встановлено, що застосування стимуляторів росту та мікродобрив забезпечує покращення польової схожості, активізує розвиток кореневої системи, збільшує площу листкової поверхні, густоту продуктивного стеблостою та сприяє формуванню вищої маси 1000 зерен. Залежно від ґрунтово–кліматичних умов і технології вирощування приріст урожайності становить від 8 до 25 %, а також підвищуються показники якості зерна [12–20].

Для умов Північного Степу України особливої актуальності набувають дослідження, спрямовані на підвищення адаптивності рослин до дефіциту вологи. Роботи українських учених свідчать, що інтегроване використання мінерального живлення, біопрепаратів і регуляторів росту дозволяє суттєво покращити реалізацію генетичного потенціалу сучасних сортів пшениці озимої навіть у посушливі роки. При цьому найбільший ефект досягається за застосування препаратів у фазі прапорцевого листка або на початку колосіння, коли відбувається інтенсивне формування елементів структури врожаю [8–20]

© Цилюрик О.І., Міщенко М.Г., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Окремі дослідження присвячені ролі мікроелементів у формуванні не лише врожайності, а й якості зерна. Доведено, що система удобрення та технологічні прийоми вирощування істотно впливають на накопичення цинку, міді та марганцю в зерні, що має важливе значення для його харчової цінності та технологічних властивостей.

Водночас аналіз літературних джерел показує, що більшість опублікованих робіт присвячена оцінці окремих препаратів або окремих груп біостимуляторів. Недостатньо дослідженими залишаються питання їх комплексного порівняння за однакових ґрунтово–кліматичних умов, а також особливості впливу сучасних амінокислотних і полікомпонентних препаратів на формування біометричних показників, структури врожаю та зернової продуктивності пшениці озимої в умовах Північного Степу України. Саме це зумовило необхідність проведення наведених досліджень та визначення найбільш ефективних регуляторів росту і мікродобрив для підвищення продуктивності культури [2–20].

Метою роботи було оцінити ефективність сучасних регуляторів росту та мікродобрив щодо формування морфобіологічних показників, елементів структури врожаю й продуктивності пшениці озимої та обґрунтувати доцільність їх використання в технології вирощування культури в умовах Північного Степу України.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили протягом 2024–2026 рр. в умовах навчально–наукового центру Дніпровського державного аграрно–економічного університету, розташованого в зоні Північного Степу України. Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем звичайний малогумусний важкосуглинковий. Вміст гумусу в орному шарі (0–30 см) становив 3,4–3,6 %, забезпеченість рухомими сполуками фосфору (за Чиріковим) – 112–118 мг/кг ґрунту, обмінного калію – 96–104 мг/кг ґрунту, реакція ґрунтового розчину була близькою до нейтральної (pH 6,5–6,8).

Погодні умови в роки досліджень характеризувалися значною мінливістю та нерівномірним розподілом атмосферних опадів. У 2024 та 2025 роках відмічався дефіцит вологи у весняно–літній період, тоді як у 2026 році, незважаючи на більш сприятливе зволоження в осінньо–зимовий період, у фазі наливу зерна спостерігалися підвищені температури повітря та короткочасні посушливі явища, що дозволило комплексно оцінити ефективність досліджуваних препаратів за різних гідротермічних умов.

Дослідження виконували методом польового досліду. Схема досліду включала десять варіантів:

1. Контроль (без обробки);
2. Гумат калію – 1,0 л/га;
3. Вимпел 2 (1,0 л/га) + Оракул Цинк (1,0 л/га);
4. Ярило зерновий – 1,0 л/га;
5. Фіт Цинк 120 – 1,0 л/га;
6. Фіт Бор 150 – 1,0 л/га;
7. Експерт Гроу – 1,0 л/га;
8. Кальма – 1,0 л/га;
9. Скудеро 6:25:25 – 1,0 л/га;
10. Аміно Ксеріон – 1,0 л/га.

На всіх варіантах, крім контролю, препарати застосовували разом із прилипачем Квантум відповідно до рекомендацій виробника. Позакореневе підживлення проводили одноразово у фазі прапорцевого листка (ВВСН 37–39) за допомогою ранцевого обприскувача із нормою витрати робочого розчину 200 л/га.

Дослід закладали у триразовій повторності за методом рендомізованих блоків. Загальна площа дослідної ділянки становила 39 м², облікова – 15 м². Агротехніка вирощування пшениці озимої відповідала зональним рекомендаціям для умов Північного Степу України та була однаковою для всіх варіантів досліду [21].

Під час проведення досліджень визначали висоту рослин, густоту продуктивного стеблостою, довжину колосу, масу 1000 зерен та врожайність зерна. Урожайність визначали суцільним обмолотом облікових ділянок із подальшим перерахунком до стандартної вологості 14 % і виражали у т/га.

Експериментальні дані обробляли методом дисперсійного аналізу відповідно до методики В. О. Ушкаренка із використанням пакета Microsoft Excel та Statistica 13.0. Достовірність відмінностей між середніми значеннями оцінювали за найменшою істотною різницею ($LSD_{0.05}$, HIP_{05}). При статистичному аналізі рівень значущості приймали $P \leq 0.05$ [21].

Результати досліджень. Позакореневе застосування регуляторів росту та мікродобрив суттєво вплинуло на формування основних біометричних показників рослин пшениці озимої (табл. 1). Встановлено, що використання досліджуваних препаратів забезпечувало покращення ростових процесів, збільшення густоти продуктивного стеблостою та формування більш виповненого колоса порівняно з контролем.

На контрольному варіанті висота рослин становила 96,8 см, кількість продуктивних стебел – 423 шт./м², довжина колоса – 8,5 см, а маса 1000 зерен – 43,0 г. Застосування препаратів сприяло підвищенню всіх досліджуваних показників, проте ступінь їх впливу залежав від виду регулятора росту та мікродобрива.

Найвищі біометричні показники отримано за використання препарату Аміно Ксеріон, де висота рослин досягла 111,3 см, що перевищувало контроль на 14,5 см (15,0 %). Одночасно кількість продуктивних стебел збільшилася до 476 шт./м² (+53 шт./м² або 12,5 %), довжина колоса – до 10,3 см (+1,8 см або 21,2 %), а маса 1000 зерен – до 48,8 г (+5,8 г або 13,5 %).

Дещо нижчі, але також високі показники відмічено у варіантах із застосуванням Експерт Гроу та Кальма. За використання Експерт Гроу висота рослин становила 109,4 см, кількість продуктивних стебел – 470 шт./м², довжина колоса – 10,1 см, маса 1000 зерен – 48,1 г. У варіанті Кальма відповідні показники дорівнювали 107,8 см, 462 шт./м², 9,9 см та 47,2 г. Високими показниками також характеризувалися варіанти із застосуванням Скудеро 6:25:25 та Вимпел 2 + Оракул Цинк.

Найменший позитивний вплив на формування біометричних показників відзначено при використанні препаратів Ярило зерновий та Фіт Цинк 120, однак навіть вони забезпечили покращення основних морфометричних характеристик порівняно з контролем. Отримані результати свідчать, що застосування сучасних біостимуляторів та мікродобрив активізує ростові процеси, сприяє формуванню більш продуктивного стеблостою та покращує

Таблиця 1

Біометричні показники рослин пшениці озимої залежно від застосування регуляторів росту та мікродобрив у середньому за 2024–2026 рр.

Варіанти регуляторів росту та мікродобрив	Висота рослин, см	Кількість продуктивних стебел, шт./м²	Довжина колосу, см	Маса 1000 зерен, г
Контроль	96,8	423	8,5	43,0
Гумат калію	102,5	443	9,2	45,1
Вимпел 2 + Оракул цинк	105,2	452	9,6	46,2
Ярило зерновий	100,2	431	8,9	44,0
Фіт цинк 120	99,1	428	8,8	43,8
Фіт бор 150	103,4	441	9,3	45,4
Експерт Гроу	109,4	470	10,1	48,1
Кальма	107,8	462	9,9	47,2
Скудеро 6:25:25	106,9	458	9,8	46,9
Аміно Ксеріон	111,3	476	10,3	48,8
$НІР_{05}$	2,6	12	0,28	1,15

Таблиця 2

Урожайність пшениці озимої залежно від застосування регуляторів росту та мікродобрив у середньому за 2024–2026 рр., т/га

Варіанти регуляторів росту та мікродобрив	Роки досліджень			Середнє за 2024–2026 рр.
	2024	2025	2026	
Контроль	3,57	3,48	6,26	4,44
Гумат калію	4,19	4,25	6,06	4,83
Вимпел 2 + Оракул цинк	4,26	4,31	6,27	4,95
Ярило зерновий	3,81	3,92	6,44	4,72
Фіт цинк 120	3,75	3,85	6,91	4,84
Фіт бор 150	4,12	4,18	7,00	5,10
Експерт Гроу	4,27	4,35	7,83	5,48
Кальма	4,27	4,29	7,26	5,27
Скудеро 6:25:25	3,95	4,02	7,54	5,17
Аміно Ксеріон	4,33	4,41	7,88	5,54
$НІР_{05}$	0,50	0,31	1,17	0,42

умови наливу зерна, що є передумовою підвищення врожайності культури.

Результати досліджень урожайності свідчать, що ефективність регуляторів росту та мікродобрив значною мірою залежала від погодних умов років досліджень, однак позитивний вплив досліджуваних препаратів проявлявся протягом усього періоду експерименту (табл. 2, рис. 1).

У 2024 році врожайність зерна на контрольному варіанті становила 3,57 т/га, тоді як застосування препаратів забезпечило її підвищення до 3,75–4,33 т/га. Найвищий урожай сформувався за використання Аміно Ксеріон (4,33 т/га), Експерт Гроу та Кальма (по 4,27 т/га), що перевищувало контроль на 0,70–0,76 т/га. У 2025 році спостерігалася аналогічна закономірність: урожайність контрольного варіанта становила 3,48 т/га, тоді як найкращі препарати забезпечили її підвищення до 4,41 т/га.

Найсприятливіші умови для реалізації потенціалу продуктивності рослин склалися у 2026 році, коли врожайність на контрольному варіанті досягла 6,26 т/га. При цьому всі досліджувані препарати забезпечили додаткове підвищення продуктивності. Найбільшу врожайність отримано за використання Аміно Ксеріон – 7,88 т/га, що на 1,62 т/га (25,9 %) перевищувало контроль. Дещо нижчі показники забезпечили Експерт Гроу (7,83 т/га), Скудеро 6:25:25 (7,54 т/га) та Кальма (7,26 т/га).

У середньому за три роки досліджень урожайність пшениці озимої на контрольному варіанті становила 4,44 т/га. Використання досліджуваних препаратів сприяло її збільшенню до 4,72–5,54 т/га. Найефективнішим виявився препарат Аміно Ксеріон, який забезпечив урожайність 5,54 т/га, що перевищувало контроль на 1,10 т/га або 24,8 %. Високою ефективністю також характеризувалися Експерт Гроу (5,48 т/га; +23,4 %), Кальма (5,27 т/га; +18,7 %), Скудеро 6:25:25 (5,17 т/га; +16,4 %) та Фіт Бор 150 (5,10 т/га; +14,9 %).

Отримані результати свідчать, що сучасні амінокислотні біостимулятори та комплексні мікродобрива істотно підвищують продуктивність пшениці озимої шляхом покращення росту й розвитку рослин, формування більшої кількості продуктивних стебел, збільшення маси 1000 зерен та підвищення ефективності використання елементів мінерального живлення. Статистичний аналіз підтвердив достовірність одержаних результатів, оскільки

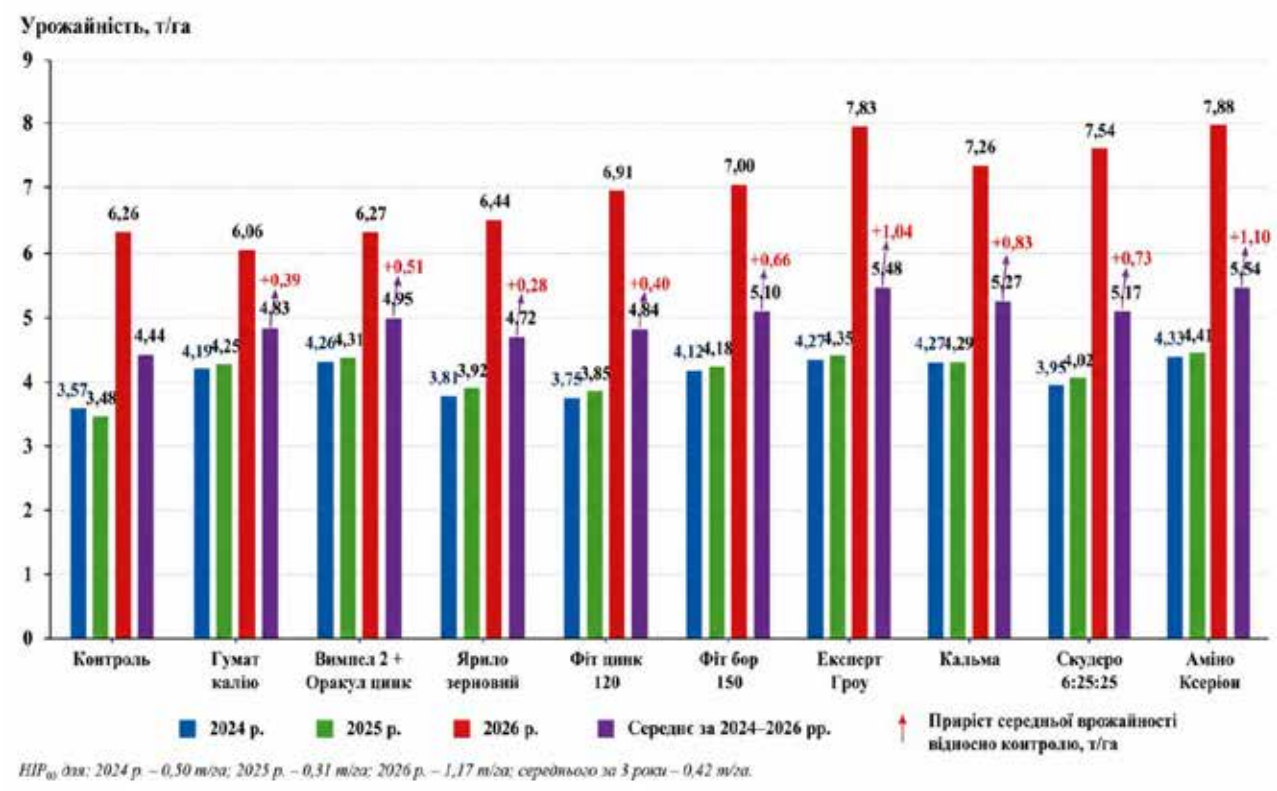


Рис. 1. Формування врожайності пшениці озимої та приросту врожаю залежно від застосування мікродобрив в середньому за 2024–2026 році.

різниця між кращими варіантами та контролем перевищувала величину $НІР_{05}$ у всі роки проведення досліджень.

Застосування регуляторів росту та мікродобрив є ефективним агротехнологічним прийомом підвищення продуктивності пшениці озимої в умовах Північного Степу України. Використання досліджуваних препаратів сприяло покращенню росту й розвитку рослин, підвищенню ефективності функціонування фотосинтетичного апарату, формуванню більш продуктивного стеблостою та покращенню елементів структури врожаю.

Найвищу ефективність за результатами трирічних досліджень забезпечило застосування препарату Аміно Ксеріон, за якого середня врожайність зерна становила 5,54 т/га, що на 1,10 т/га (24,8 %) перевищувало контрольний варіант. Високою продуктивністю також характеризувалися варіанти із застосуванням препаратів Експерт Гроу (5,48 т/га; +1,04 т/га), Кальма (5,27 т/га; +0,83 т/га) та Скудеро 6:25:25 (5,17 т/га; +0,73 т/га).

Отримані результати свідчать про доцільність використання сучасних регуляторів росту та мікродобрив у технології вирощування пшениці озимої для підвищення врожайності, стабілізації продуктивності посівів за різних погодних умов і покращення економічної ефективності виробництва зерна. Для виробничих умов Північного Степу України найбільш перспективним є застосування препарату Аміно Ксеріон, який забезпечив максимальний приріст урожайності та найвищу реалізацію продуктивного потенціалу культури.

Висновки. Позакореневе застосування сучасних регуляторів росту та комплексних мікродобрив є ефективним агротехнологічним прийомом підвищення продуктивності пшениці озимої в умовах Північного Степу України. Використання досліджуваних препаратів забезпечило покращення біометричних показників рослин, формування продуктивнішого стеблостою та підвищення врожайності зерна порівняно з контролем.

Найвищі показники росту й розвитку рослин отримано за застосування препаратів Аміно Ксеріон, Експерт Гроу та Кальма, де висота рослин досягала 111,3 см, кількість продуктивних стебел – 476 шт./м², довжина колосу – 10,3 см, а маса 1000 зерен – 48,8 г, що істотно перевищувало контрольний варіант.

Встановлено достовірний вплив регуляторів росту та мікродобрив на формування врожайності пшениці озимої. Найвищу середню врожайність за 2024–2026 роки забезпечив препарат Аміно Ксеріон – 5,54 т/га, що перевищувало контроль (4,44 т/га) на 1,10 т/га, або 24,8 %. Високу ефективність також продемонстрували Експерт Гроу – 5,48 т/га (+1,04 т/га), Кальма – 5,27 т/га (+0,83 т/га) та Скудеро 6:25:25 – 5,17 т/га (+0,73 т/га). Статистичний аналіз підтвердив достовірність отриманих результатів ($НІР_{05}$ для урожайності – 0,50; 0,31 та 1,17 т/га відповідно за 2024, 2025 та 2026 роки).

Отримані результати свідчать, що застосування амінокислотних біостимуляторів і комплексних мікродобрив підвищує ефективність технології вирощування пшениці озимої, забезпечує стабільне формування врожаю за контрастних погодних умов і може бути рекомендоване для широкого впровадження у виробництво в умовах Північного Степу України.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на вивчення ефективності комбінованого застосування регуляторів росту та мікродобрив із різними рівнями мінерального живлення, визначення оптимальних строків і кратності позакореневих підживлень, а також оцінку їх впливу на якісні показники зерна, ефективність використання елементів живлення, фізіологічні механізми адаптації рослин до абіотичних стресів та економічну ефективність технології вирощування пшениці озимої за різних ґрунтово–кліматичних умов.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів : Українські технології, 2021. 806 с.
2. Цилюрик О. І., Міщенко М. Г. Ефективність регуляторів росту рослин та мікродобрив в посівах пшениці озимої Північного Степу України. *Сучасні підходи до вирощування, переробки і зберігання продукції рослинництва*: матеріали Всеукр. наук.–практ. конф. Миколаїв, 2025. С. 3–5.
3. Цилюрик О. І. Вплив попередників, добрив та погодних умов на продуктивність та якість зерна озимої пшениці в умовах підзони Північного Степу України. *Наукові праці Полтавської державної аграрної академії*. 2005. Вип. 4(23). С. 230–235.
4. Ямковий В. Ю., Буняк О. І., Ящук Н. О. Продуктивність та якість зерна пшениці озимої залежно від позакореневого підживлення в Лівобережному Лісостепу України. *Аграрні інновації*. 2021. № 5. С. 96–102. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.5.16
5. Мащенко Ю. В., Кулик Г. А., Трикіна Н. М., Малаховська В. О. Урожайність пшениці озимої у сівозмінах Степу залежно від систем удобрення та біопрепарату. *Аграрні інновації*. 2023. № 18. 77–83 https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.11
6. Рожко І. І., Кулик М. І., Коваль Д. О. Урожайність зерна пшениці озимої м'якої за оптимізації елементів технології вирощування в умовах Лісостепу України. *Аграрні інновації*. 2026. № 35. 276–285 https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.35.40
7. Палазюк Б. О., Юрченко С. О. Формування урожайності пшениці м'якої озимої залежно від сортових властивостей та впливу біостимуляторів на основі ризобактерій. *Аграрні інновації*. 2025. № 32. 167–174, https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.32.2
8. Вінюков О. О., Бондарева О. Б., Ліхушина Г. А., Лапко О. Б. Вплив амінокислотних регуляторів росту на ріст та розвиток рослин пшениці озимої різних різновидів. *Аграрні інновації*. 2025. № 30. 35–40, https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.5
9. Ласло О. О., Нагорна С. В. Екологізація технології вирощування пшениці озимої за використання композиційних сумішей регуляторів росту та комплексних добрив. *Аграрні інновації*. 2022. Вип. 13. С. 93–96 https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.14
10. Буряк Ю. І., Чернобаб О. В., Огурцов Ю. Є., Клименко І. І. Ефективність застосування регуляторів росту і мікродобрива в процесі розмноження насіння сортів пшениці озимої та ячменю ярого. *Селекція і насінництво*. 2015. Вип. 107. С. 145–153.
11. Огурцов Ю. Є. Урожайність рослин пшениці озимої та ячменю ярого залежно від застосування регуляторів росту рослин і мікродобрива на різних фонах живлення. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2015. Вип. 2. 19.
12. Hanhur V. V., Kocherha A. A., Pypko O. S., Len O. I. The effectiveness of microfertilizers for seed treatment and foliar applications of winter wheat crops. Scientific Progress & Innovations. 2021. 24(2). 46–51. https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.05
13. Ahmad N. et al. Integrated application of plant bioregulator and micronutrients improves crop physiology, productivity and grain biofortification of delayed sown wheat. *Environmental Science and Pollution Research*. 2022. Vol. 29. P. 52534–52543, https://doi.org/10.1007/s11356-022-19476-5
14. Iancu P., Soare M., Păniță O. F. Effect of micronutrients applied to winter wheat. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*. 2024. Vol. 67(1). P. 429–436.
15. Szczepaniak W. et al. Effect of foliar application of micronutrients and fungicides on the nitrogen use efficiency in winter wheat. *Agronomy.* 2022. Vol. 12. Article 257. https://doi.org/10.3390/agronomy12020257
16. Mester T. N., Pepó P. Evaluation of the use of leaf fertilizers and growth regulators in winter wheat: A review. *Acta Agraria Debreceniensis*. 2025. 2. 77–82.
17. Cakmak I. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? *Plant and Soil.* 2008. 302. 1–17. https://doi.org/10.1007/s11104–007–9466–3
18. Alloway B. J. Micronutrients and Crop Production. Dordrecht : Springer, 2008. 414 p.
19. Marschner P. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd ed. London : Academic Press, 2012. 672 p.
20. Singh A., Kumar R., Pandey P. Nanofertilizers in Wheat Crop Nutrition: A Review. *Journal of Cereal Research*. 2023. 15(1). 24–30.
21. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А. Методика польового досліду. Одеса : Олді+, 2024. 448 с.

REFERENCES:

1. Lykhochvor, V.V., & Petrychenko, V.F. (2021). Roslynnytstvo. Tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur [Crop production. Technologies for growing agricultural crops]. Lviv: Ukrainski tekhnolohii, 806 p. [in Ukrainian].
2. Tsyliuryk, O.I., & Mishchenko, M.H. (2025). *Efektyvnist rehuliatoriv rostu roslyn ta mikrodobryv v posivakh pshenytsi ozymoi Pivnichnoho Stepu Ukrainy* [Effectiveness of plant growth regulators and micronutrients in winter wheat crops of the Northern Steppe of Ukraine]. Suchasni pidkhody do vyroshchuvannia, pererobky i zberihannia produktsii roslynnytstva: materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii, Mykolaiv, 3–5 [in Ukrainian].
3. Tsyliuryk, O.I. (2005). Vplyv poperednykiv, dobryv ta pohodnykh umov na produktyvnist ta yakist zerna ozymoi pshenytsi v umovakh pidzony Pivnichnoho Stepu Ukrainy [Influence of preceding crops, fertilizers and weather conditions on productivity and grain quality of winter wheat in the Northern Steppe subzone of Ukraine]. *Naukovi pratsi Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 4(23), 230–235 [in Ukrainian].
4. Yamkovyi, V.Yu., Buniak, O.I., & Yashchuk, N.O. (2021). Produktyvnist ta yakist zerna pshenytsi ozymoi zalezhno vid pozakorenevoho pidzhyvlennia v Livoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Productivity and quality of winter wheat grain depending on foliar fertilization in the

Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Ahrarni innovatsii,* 5, 96–102, URL: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.5.16 [in Ukrainian].
5. Mashchenko, Yu.V., Kulyk, H.A., Trykina, N.M., & Malakhovska, V.O. (2023). Urozhainist pshenytsi ozymoi u sivozminakh Stepu zalezhno vid system udobrennia ta biopreparatu [Yield of winter wheat in Steppe crop rotations depending on fertilization systems and biological preparation]. *Ahrarni innovatsii,* 18. 77–83. URL: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.11 [in Ukrainian].
6. Rozhko, I.I., Kulyk, M.I., & Koval, D.O. (2026). Urozhainist zerna pshenytsi ozymoi miakoi za optymizatsii elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia v umovakh Lisostepu Ukrainy [Grain yield of soft winter wheat under optimization of cultivation technology elements in the Forest-Steppe of Ukraine]. *Ahrarni innovatsii*, 35. 276 – 285. URL: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.35.40 [in Ukrainian].
7. Palaziuk, B.O., & Yurchenko, S.O. (2025). Formuvannia urozhainosti pshenytsi miakoi ozymoi zalezhno vid sortovykh vlastyvostei ta vplyvu biostymuliatoriv na osnovi ryzobakterii [Formation of soft winter wheat yield depending on varietal properties and the effect of rhizobacteria-based biostimulants]. *Ahrarni innovatsii*, 32. 167–174, URL: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.32.2 [in Ukrainian].
8. Viniukov, O.O., Bondareva, O.B., Likhushyna, H.A., & Lapko, O.B. (2025). Vplyv aminokyslotnykh rehuliatoriv rostu na rist ta rozvytok roslyn pshenytsi ozymoi riznykh riznovydiv [Effect of amino acid growth regulators on the growth and development of winter wheat plants of different varieties]. *Ahrarni innovatsii*, 30, 35–40, URL: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.30.5 [in Ukrainian].
9. Laslo, O.O., & Nahorna, S.V. (2022). Ekolohizatsiia tekhnolohii vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi za vykorystannia kompozytsiinykh sumishei rehuliatoriv rostu ta kompleksnykh dobryv [Ecologization of winter wheat cultivation technology using composite mixtures of growth regulators and complex fertilizers]. *Ahrarni innovatsii*, 13, 93–96. URL: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.14 [in Ukrainian].
10. Buriak, Yu.I., Chernobab, O.V., Ohurtsov, Yu.Ye., & Klymenko, I.I. (2015). Efektyvnist zastosuvannia rehuliatoriv rostu i mikrodobryva v protsesi rozmnozhennia nasinnia sortiv pshenytsi ozymoi ta yachmeniu yaroho [Effectiveness of growth regulators and micronutrient fertilizer application in seed propagation of winter wheat and spring barley varieties]. *Selektsiia i nasinnytstvo*, 107, 145–153 [in Ukrainian].
11. Ohurtsov, Yu.Ye. (2015). Urozhainist roslyn pshenytsi ozymoi ta yachmeniu yaroho zalezhno vid zastosuvannia rehuliatoriv rostu roslyn i mikrodobryva na riznykh fonakh zhyvlennia [Yield of winter wheat and spring barley plants depending on the application of plant growth regulators and micronutrient fertilizer under different nutritional backgrounds*]. Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*, 2 [in Ukrainian].
12. Hanhur, V.V., Kocherha, A.A., Pypko, O.S., & Len, O.I. (2021). The effectiveness of microfertilizers for seed treatment and foliar applications of winter wheat crops. *Scientific Progress & Innovations*, 24(2), 46–51, URL: https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.05 [in Ukrainian].
13. Ahmad, N., et al. (2022). Integrated application of plant bioregulator and micronutrients improves crop physiology, productivity and grain biofortification of delayed sown wheat. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 52534–52543. URL: https://doi.org/10.1007/s11356-022-19476-5
14. Iancu, P., Soare, M., & Păniță, O.F. (2024). Effect of micronutrients applied to winter wheat. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 67(1), 429–436,
15. Szczepaniak, W., et al. (2022). Effect of foliar application of micronutrients and fungicides on the nitrogen use efficiency in winter wheat. *Agronomy,* 12, Article 257, URL: https://doi.org/10.3390/agronomy12020257
16. Mester, T.N., & Pepó, P. (2025). Evaluation of the use of leaf fertilizers and growth regulators in winter wheat: A review. Acta Agraria Debreceniensis, 2, 77–82
17. Cakmak, I. (2008). Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? *Plant and Soil*, 302, 1–17, URL: https://doi.org/10.1007/s11104-007-9466-3
18. Alloway, B.J. (2008). Micronutrients and Crop Production. Dordrecht: Springer, 414 p.
19. Marschner, P. (2012). Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd ed. London: Academic Press, 672 p.
20. Singh, A., Kumar, R., & Pandey, P. (2023). Nanofertilizers in Wheat Crop Nutrition: A Review. *Journal of Cereal Research*, 15(1), 24–30
21. Ushkarenko, V.O., & Vozhehova, R.A. (2024). Metodyka polovoho doslidu [Field experiment methodology]. Odesa: Oldi+, 448 p. [in Ukrainian].

Цилюрик О.І., Міщенко М.Г. Вплив регуляторів росту та мікродобрив на формування продуктивності пшениці озимої в умовах Північного Степу України

Мета. Встановити особливості впливу сучасних біостимуляторів та комплексних препаратів для позакореневого живлення на формування морфологічних ознак, елементів структури врожаю та рівень зернової продуктивності культури в ґрунтово–кліматичних умовах Північного Степу України, а також визначити найбільш ефективний препарат для практичного використання у виробництві.

Методи. Дослідження виконували упродовж 2024–2026 років у польовому стаціонарному досліді на чорноземі звичайному малогумусному важкосуглинковому. Експеримент закладали за однофакторною схемою у чотириразовій повторності. Вивчали ефективність дев'яти сучасних препаратів для позакореневого застосування порівняно з контролем без обробки. Обліки, спостереження та визначення біометричних показників проводили за загальноприйнятими методиками польового досліду. Отримані експериментальні дані опрацьовували методом дисперсійного аналізу із визначенням найменшої істотної різниці.

Результати. Встановлено, що застосування досліджуваних препаратів позитивно впливало на інтенсивність росту й розвитку рослин, сприяло покращенню показників фотосинтетичної діяльності та формуванню продуктивного стеблостою. Найкращі біометричні показники сформувалися за використання препаратів Аміно Ксеріон, Експерт Гроу та Кальма. Висота рослин досягала 111,3 см, кількість продуктивних стебел – 476 шт./м², довжина колосу – 10,3 см, маса 1000 зерен – 48,8 г. Максимальну середню врожайність за три роки досліджень забезпечив препарат Аміно Ксеріон – 5,54 т/га, що перевищувало контроль на 1,10 т/га, або 24,8 %. Високі результати також отримано за використання препаратів Експерт Гроу (5,48 т/га), Кальма (5,27 т/га) та Скудеро

6:25:25 (5,17 т/га). Достовірність отриманих результатів підтверджена статистично ($НІР_{05}$ для врожайності становила 0,50; 0,31 та 1,17 т/га відповідно за роками досліджень).

Висновки. Позакореневе застосування сучасних біостимуляторів і комплексних препаратів для живлення рослин є ефективним агротехнологічним заходом, який забезпечує активізацію ростових процесів, покращення структури врожаю та підвищення зернової продуктивності культури. За комплексною оцінкою господарсько цінних показників найвищу ефективність продемонстрував препарат Аміно Ксеріон, використання якого є доцільним для виробничих посівів у зоні Північного Степу України.

Ключові слова: позакореневе живлення, зернова продуктивність, біометричні показники, елементи структури врожаю, амінокислотні біостимулятори, фотосинтетична діяльність, чорнозем звичайний, абіотичний стрес.

Tsyliuryk O.I., Mishchenko M.H. Influence of Plant Growth Regulators and Micronutrient Fertilizers on the Formation of Winter Wheat Productivity under the Conditions of the Northern Steppe of Ukraine

Purpose. To determine the effect of modern biostimulants and complex foliar nutrition products on the formation of morphological traits, yield components, and grain productivity under the environmental conditions of the Northern Steppe of Ukraine, and to identify the most effective product for practical agricultural use.

Methods. Field experiments were carried out during 2024–2026 on ordinary low–humus heavy loam chernozem using a randomized single–factor design with four replications. Nine commercial foliar products were evaluated against an untreated control. Plant biometric traits, yield components, and grain productivity were assessed according to standard agronomic methodologies. Experimental data were processed using analysis of variance (ANOVA), and the least significant difference ($LSD_{0.05}$) was calculated.

Results. Foliar application of the tested products positively affected plant growth, development, and productivity. The best biometric characteristics were recorded for Amino Xerion, Expert Grow, and Kalma. Plant height reached 111.3 cm, productive stem density amounted to 476 stems/m², spike length reached 10.3 cm, and thousand–kernel weight increased to 48.8 g. The highest average grain productivity over the three–year study period was obtained with Amino Xerion (5.54 t/ha), exceeding the untreated control by 1.10 t/ha (24.8%). High productivity was also achieved with Expert Grow (5.48 t/ha), Kalma (5.27 t/ha), and Scudero 6:25:25 (5.17 t/ha). Statistical analysis confirmed the reliability of the obtained differences; $LSD_{0.05}$ values for grain yield were 0.50, 0.31, and 1.17 t/ha in 2024, 2025, and 2026, respectively.

Conclusions. The use of modern amino acid biostimulants and complex foliar nutrition products is an effective agronomic practice for improving crop performance under the conditions of the Northern Steppe of Ukraine. Their application enhances plant development, optimizes yield formation, and increases grain productivity. Based on the integrated assessment of biometric and yield indicators, Amino Xerion demonstrated the highest agronomic efficiency and can be recommended for commercial crop production.

Key words: foliar nutrition, grain productivity, biometric traits, yield components, amino acid biostimulants, photosynthetic activity, ordinary chernozem, abiotic stress.

Дата першого надходження статті до видання: 24.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 631.434:631.86:633.853.531:528.7
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.26

ОЦІНКА ВПЛИВ СИДЕРАЦІЇ НА МІКРОРЕЛЬЄФНУ СТРУКТУРОВАНІСТЬ ҐРУНТУ МЕТОДОМ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ЗОБРАЖЕННЯ ТА ФОТОГРАММЕТРИЧНОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ УМОВНОЇ КАРТИ ВИСОТ

ЦИЦЮРА Я.Г. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-9167-833X
Вінницький національний аграрний університет

Постановка проблеми. Інтенсифікація землеробства та тривале механічне навантаження спричиняють деградаційні зміни структурного стану ґрунтів, що проявляються у зміні розподілу агрегатів за розмірами, зниженні їх водостійкості, ущільненні ґрунтової маси та погіршенні водно-повітряного режиму. Структурно-агрегатний стан ґрунту є одним із ключових компонентів його функціональної якості, оскільки визначає умови інфільтрації, водоутримання, аерації, розвитку кореневої системи та стійкості до ерозійних процесів [1–3].

Разом із тим традиційні методи оцінювання структурно-агрегатного стану, засновані переважно на сухому та мокрому просіюванні, характеризують насамперед кількісний розподіл агрегатних фракцій і їх водостійкість, але мають обмежені можливості щодо кількісного опису просторової геометрії та мікрорельєфу ґрунтової поверхні [8]. У зв'язку з цим актуальним є розвиток цифрових методів оцінювання структурованості ґрунту на основі аналізу зображень, фотограмметричної реконструкції та тривимірного моделювання поверхні [9–12].

Одним із перспективних агротехнологічних засобів відновлення структурного стану ґрунту є систематична сидерація. Покривні культури та зелені добрива сприяють накопиченню органічної речовини, активізації ґрунтової біоти та формуванню стійких структурних агрегатів. Узагальнені результати багаторічних досліджень свідчать про позитивний вплив покривних культур на середньозважений діаметр агрегатів, водостійкість і розподіл органічного вуглецю в агрегатних фракціях [4–6]. Особливе значення має використання хрестоцвітих культур, зокрема редьки олійної, яка формує значну надземну та кореневу біомасу і характеризується специфічною динамікою мінералізації рослинних решток [7].

Застосування Structure-from-Motion фотограмметрії дозволяє отримувати цифрові моделі висот поверхні ґрунту з міліметровою просторовою деталізацією та визначати показники її шорсткості, просторової неоднорідності й мікротопографічної організації. Водночас сучасні дослідження переважно зосереджені або на оцінюванні ерозійних процесів і шорсткості поверхні, або на визначенні агрегатного складу та стабільності ґрунту, тоді як питання довготривалого впливу систематичної сидерації редькою олійною на просторово-морфометричні характеристики поверхні ґрунту залишається недостатньо дослідженим [10–13].

Отже, існує необхідність поєднання традиційної оцінки структурно-агрегатного стану ґрунту з цифровою просторовою характеристикою його поверхні. Такий підхід може забезпечити додаткову інформацію щодо формування мікрорельєфу, неоднорідності висот, шорсткості та просторової організації агрегатів під впливом систематичного використання редьки олійної як сидеральної культури.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні дослідження підтверджують, що вплив покривних культур на структуру ґрунту має не лише кількісний, але й просторовий характер. Встановлено [6], що використання покривних культур сприяло збільшенню середньозваженого діаметра водостійких агрегатів на 10–19 % порівняно з паром, а суміші покривних культур мали дещо більший позитивний ефект, ніж одновидові посіви. Автори також підкреслюють, що поліпшення структурного стану пов'язане з накопиченням органічного вуглецю у макроагрегатах.

У трирічному польовому досліді досліджували вплив покривних культур, зокрема редьки дайкон, жита та їх суміші, на стабільність агрегатів. Було показано, що покривні культури змінювали розподіл агрегатів і підвищували окремі показники їх стабільності. При цьому важливими факторами варіації структурного стану виявилися щільність ґрунту та pH [4].

Цілий ряд вчених [1, 6–9] оцінювали просторову неоднорідність мікроструктури верхнього шару ґрунту за різних систем покривних культур, включаючи олійну редьку та її суміш із житом. Для цього автори застосували 3D-аналіз просторової структури, зокрема семіваріограмний підхід. Встановлено, що вибір покривної культури впливав на показники структури ґрунту навіть через 6–12 місяців після припинення їх вирощування.

Разом із тим, традиційне визначення структурно-агрегатного стану ґрунту базується переважно на сухому та мокрому просіюванні, визначенні частки агрегатів різного розміру, середньозваженого діаметра (MWD), водостійкості та похідних індексів. Однак такі методи не завжди дозволяють описати просторову геометрію поверхні агрегатів та технологічний мікрорельєф поверхні грунту після різних застосованих технологічних операцій [3]. Визначено [2, 12], що оцінка стабільності лише однієї агрегатної фракції може бути недостатньою для характеристики всього ґрунту, оскільки стабільність істотно залежить від розміру агрегатів. Саме тому було запропоновано

© Цицюра Я.Г., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

інтегрований показник MWAS, який враховує кількість і стабільність усіх агрегатних фракцій [2].

Паралельно розвиваються цифрові методи аналізу зображень. Запропоновано [8] метод оцінювання розподілу агрегатів за розміром на основі pattern spectra, показавши можливість переходу від суб'єктивної візуальної оцінки до автоматизованого кількісного аналізу цифрових зображень. Ще раніше продемонстровано [3, 13] можливість використання фотограмметрії для визначення об'єму та щільності окремих ґрунтових агрегатів розміром 1–8 мм. При цьому об'єми, отримані фотограмметричним методом, дуже добре узгоджувалися з референтним методом Архімеда (R^2>0.99). Одним із найбільш перспективних напрямів на сьогодні є використання методу Structure-from-Motion (SfM) для реконструкції поверхні ґрунту. Визначено [12] при порівнянні наземного лазерного сканування та SfM-фотограмметрії доцільність та ефективність даних методів для визначення тривимірної шорсткості поверхні сільськогосподарських ґрунтів. Автори показали, що обидві технології здатні забезпечувати 3D-інформацію про поверхню ґрунту та використовуватися для кількісної характеристики шорсткості, хоча SfM дещо втрачає частину високочастотної інформації про мікрорельєф.

На сьогодні успішно продемонстровано [6] можливість застосування SfM для міліметрового картування мікротопографії ґрунту за допомогою звичайних цифрових камер і доступного програмного забезпечення з поетапним отриманням 3D-моделі поверхні, цифрових моделей висот і карти змін мікрорельєфу після опадів.

Визначено також [11], що високороздільні 3D-зображення поверхні ґрунту можуть використовуватися для оцінки розподілу агрегатів за розмірами, а отримання умовних парпаметрів гранулометрії грунтової поверхні на підставі карти мікровисот, що у підсумку дозволило розрізняти структурні відмінності між обробленою та необробленою поверхнею.

Таким чином, сучасні дослідження створюють достатню методичну основу для застосування цифрової фотограмметрії не тільки для оцінювання об'єму окремих агрегатів, але й для характеристики просторової структури поверхні ґрунту.

Мета. Оцінка впливу систематичного застосування редьки олійної як сидеральної культури на просторово-морфометричні характеристики поверхні ґрунту із використанням спрощеної наземної фотограмметричної реконструкції та цифрового аналізу мікрорельєфу на підставі 2D зображень відповідних варіантів сидерації.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження виконували упродовж 2014–2025 рр. на експериментальному полі Вінницького національного аграрного університету (49°11′31″ N, 28°22′16″ E). Ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлений сірим лісовим ґрунтом із гранулометричним складом, що відповідає важкосуглинковій категорії.

На початку експерименту, у шарі ґрунту 0–30 см, основні показники його родючості характеризувалися такими значеннями: вміст гумусу – 2,68 %, гідролізованого азоту – 81,5 мг/кг, рухомого фосфору – 176,1 мг/кг, обмінного калію – 110,8 мг/кг, а реакція ґрунтового розчину, визначена у KCl, становила pH 5,8.

Дослід передбачав порівняння двох систем утримання ґрунту: контрольної, без застосування сидеральної культури, та варіанта із систематичним використанням олійної редьки (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis*) як сидерату. З метою мінімізації можливих фітотоксичних ефектів, пов’язаних із тривалим і повторним використанням хрестоцвітих сидеральних культур, варіанти чергували на тих самих дослідних ділянках з інтервалом у два роки відповідно до підходу, описаного [6]. Обидві системи функціонували в межах сівозміни, у якій інші культури родини Brassicaceae не використовували. Загальна схема досліду представлена у табл. 1

Місця відбору ґрунтових зразків залишалися просторово фіксованими протягом усього періоду досліджень. Мінеральні добрива на дослідних ділянках не застосовували. Відбір зразків і визначення досліджуваних показників проводили у три ключові строки: на початку досліду (2014 р.), у середині експериментального періоду (2019 р.) та на його завершальному етапі (2025 р.). У кожному випадку ґрунтові зразки відбирали навесні, до проведення сівби відповідної культури.

Дослід був закладений у чотирикратній повторності, площа кожної облікової ділянки становила 25 м². Як сидеральну культуру використовували сорт олійної редьки Журавка.

Сівбу проводили з нормою 2,5 млн схожих насінин/га за ширини міжрядь 15 см. Олійну редьку висівали безпосередньо після збирання попередньої культури. Перед сівбою виконували проміжний комбінований обробіток ґрунту, що включав плоскорізний обробіток, роторне розпушування та вирівнювання поверхні, на глибину 12–16 см.

Заробляння сидеральної маси здійснювали у фазі цвітіння олійної редьки – BBCH 64–67, яку вважали оптимальною для використання культури як сидерату. Залежно від погодних умов ця фаза, як правило, припадала на другу–третю декаду жовтня. Перед заробляннням рослинну масу скошували та подрібнювали, після чого її щорічно заробляли у ґрунт важкими дисковими боронами на глибину 14–16 см.

Глибина основного обробітку ґрунту в періоди, коли сидеральну культуру не використовували, визначалася біологічними та технологічними особливостями відповідної культури сівозміни. У середньому вона становила 22,55 ± 6,31 см (SD).

Фотографування поверхні грунту впродовж тривалості досліду у різних його варіантах здійснювали за допомогою дзеркальної фотокамери Canon EOS 750D Kit 18–135 mm IS STM із додатковим макрооб’єктивом Canon EF 100 mm f/2.8 Macro, оснащеним UV-фільтром. Зйомку проводили в ортогональній проєкції до поверхні ґрунту з використанням стандартної масштабної лінійки та за умов штучного затінення відповідно до методики отримання морфометричних зображень грунтової поверхні, описаної Xingming et al. [19].

Сформовані фотографічні зображення за регульованого рівномірного розсіяного освітлення оброблялись у фреймі програм ImageJ (v. 1.52u, реліз 2020 року) та FijiImageJ2 (реліз 2024 року).

Таблиця 1

Загальна схема досліду, 2014–2025 рр. (4А × 3В × 4 повторення (N=60))

Агротехнологічне управління ґрунтом (фактор А)	Зміст технологічного заходу за фактором А (агротехнологічне управління ґрунтом)
Абсолютний контроль (початкові параметри ґрунту)	Облік у 2014 р.: вихідні дані щодо досліджуваних параметрів ґрунту на початку досліду, до початку сидерації.
Контроль І (5 років сівозміни без сидерації та добрив)	Облік у 2019 р.: визначення досліджуваних параметрів ґрунту після сівозміни на ділянці без застосування проміжної сидерації редькою олійною (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.): сорго зернове (*Sorghum bicolor* L.) (2014*) – ячмінь ярий (*Hordeum vulgare* L.) (2015) – горох (*Pisum sativum* L.) (2016) – ячмінь ярий (*Hordeum vulgare* L.) (2017) – соя (*Glycine max* (L.) Merrill) (2018).
Застосування сидерату І (5 років сівозміни з триразовою сидерацією)	Облік у 2019 р.: визначення досліджуваних параметрів ґрунту із застосуванням проміжної сидерації редькою олійною (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) під такі культури у схемі сівозміни на ділянці: сорго зернове (*Sorghum bicolor* L.) (2014) – горох (*Pisum sativum* L.) (2016) – соя (*Glycine max* (L.) Merrill) (2018).
Контроль ІІ (11 років сівозміни без сидерації та добрив)	Облік у 2025 р. (на етапі фізичної стиглості ґрунту перед сівбою відповідної культури сівозміни): визначення досліджуваних параметрів ґрунту після сівозміни на ділянці без застосування проміжної сидерації редькою олійною (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.): пшениця яра (*Triticum vulgare* Host.) (2019) – соняшник (*Helianthus annuus* L.) (2020) – горох озимий (*Pisum sativum* L. (s. *amplissima*) Gov.) (2021) – нут (*Cicer arietinum* L.) (2022) – ячмінь ярий (*Hordeum vulgare* L.) (2023) – кукурудза (*Zea mays* L.) (2024).
Застосування сидерату ІІ (11 років сівозміни із шестиразовою сидерацією)	Облік у 2025 р. (на етапі фізичної стиглості ґрунту перед сівбою відповідної культури сівозміни): визначення досліджуваних параметрів ґрунту із застосуванням проміжної сидерації редькою олійною (*Raphanus sativus* L. var. *oleiformis* Pers.) у схемі сівозміни на ділянці: соняшник (*Helianthus annuus* L.) (2020) – нут (*Cicer arietinum* L.) (2022) – кукурудза (*Zea mays* L.)

*Примітка: * – надалі рік вирощування зазначено в дужках. Строки сівби сільськогосподарських культур відповідали таким періодам: для ранніх ярих культур (ячмінь ярий, пшениця яра, горох, нут) – друга декада квітня; для пізніх ярих культур (соя, соняшник, кукурудза) – третя декада квітня – перша декада травня; для озимих культур (горох озимий) – друга декада вересня.*

Обробка цифрових зображень поверхні грунту зроблених на типових ділянках варіантів досліду проводилась відповідно до рекомендованих і адаптованих методик фрейму програм ImageJ та FijiImageJ2 [14, 16] за принциповою методологічною схемою представленою на рис. 1.

Був застосований спосіб спрощеної фотограмметричної обробки зображень за рахунок формування псевдо карти висот зображення. Для цього зображення трансформувались у матрицю (рівняння 1) з корекцією освітленості та різкості зображення:

$$Z(x,y) = f(I(x,y)) \quad (1)$$

де: I(x,y) – інтенсивність пікселя, а Z – умовна висота.

У стандартному варіанті: біле → умовно вища поверхня; чорне → умовно нижча поверхня; сіре → проміжна висота.

Етапність загальної схеми трансформації зображень: фото → grayscale → correction of illumination → height map → displacement → 3D mesh→ накладання оригінальної текстури→ освітлення→ 3D soil aggregate surface.

На завершальному етапі обробки 2D зображення типової ділянки поверхні грунту відповідного варіанту досліду (рис. 1, позиції «3D візуалізація» та «Бічний вигляд») було застосовано визначення таких показників в умовних одиницях (у.о.) як: середня висота мікрорельєфу (H_{mean}), стандартне відхилення висот у площині зображення (SD_H), шорсткість поверхні (R_a, рівняння 2), середньоквадратична шорсткість поверхні (R_q, рівняння 3).

$$R_a = \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^{N} \left| Z_i - Z_{mean} \right| \quad (2)$$

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^{N} \left| Z_i - Z_{mean} \right|^2} \quad (3)$$

де: Zi – умовна рельєфна висота кожного грунтового агрегату, у.о.; Zmean – середня висота грунтових агрегатів в аналізованій площині зображення, у.о.; N – загальна кількість проаналізованих грунтових агрегатів, шт.

Додатково у фреймі застосованих програм для обробки зображень було використано показник амплітуди рельєфу ($H_{95\text{-}5}$), який визначався як як елемент геоморфометрії цифрових моделей рельєфу (ЦМР) та розраховувався як різниця між 95-м і 5-м перцентилями висот (H) у межах заданої віконної області зображення. Даний показник є вираженням амплітуди рельєфу та відсікає надзвичайно високі та низькі поодинокі викиди мікрорельєфу, які можуть спотворювати класичний розмах висот ($H_{max} – H_{min}$). Він характеризує реальну ефективну амплітуду висот, що охоплює 90% центрального розподілу висот поверхні. У обробці зображень для його калькуляції на трансформованому у сірий бітний фон зображенні зхадавася розмір вікна аналізу (у пікселях зображення на основі умовного цирування площини зображення (DEM). Усі значення висот пікселів усередині цього вікна ранжувались в порядку зростання: (h_1, h_2, h_3… h_n). Визначається висота, нижче якої лежить 95%

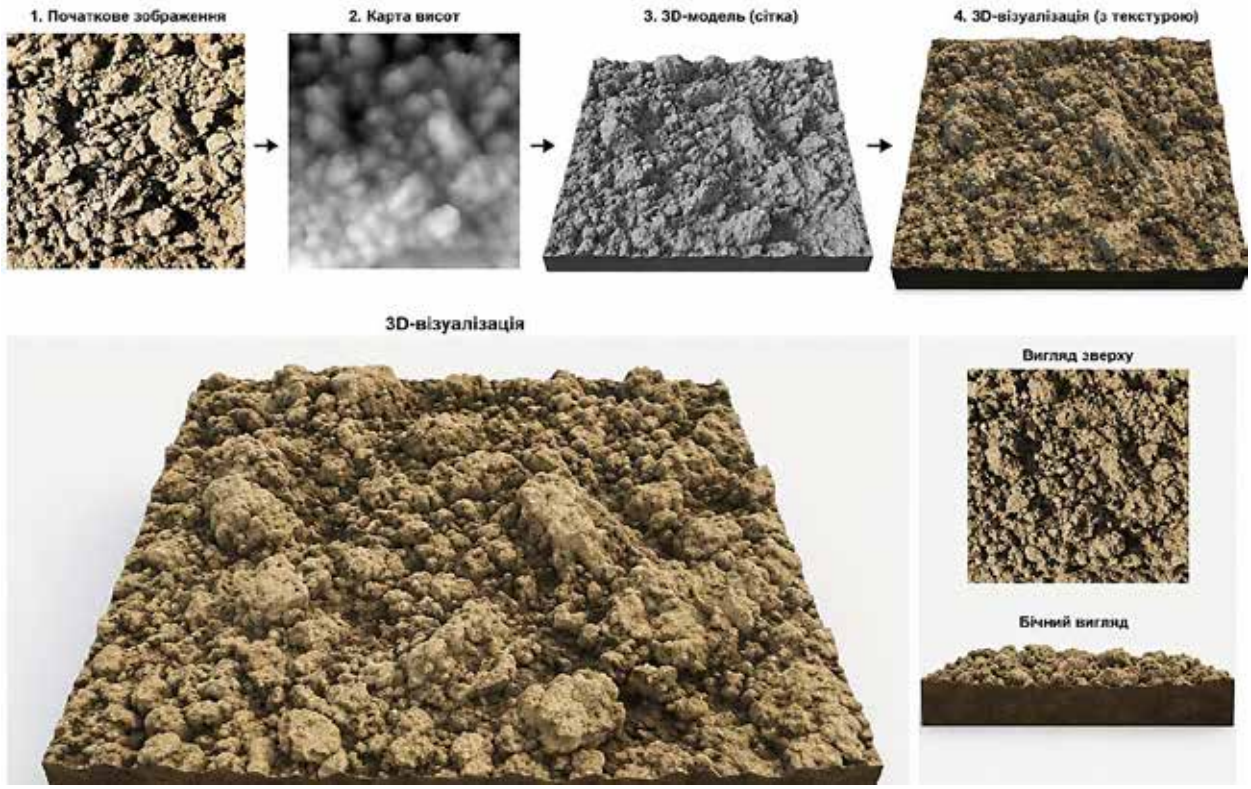


Рис. 1. Загальна методологія трансформації і візуалізації цифрових зображень грунту у різних варіантах його сидерального утримання, 2025 р.

усіх значень висот (H_{95}) а потім висота, нижче якої лежить 5% усіх значень висот (H_5). Показник розраховувався як амплітуда H_{95-5} (рівняння 4):

$$H_{95-5} = H_{95} - H_5 \quad (4)$$

Для статистичної обробки результатів було застосовано базові показники варіаційної статистики визначали за загальноприйнятим алгоритмом розрахунку, наведеним у працях Stoyan & Unland [15] та Wong [16]. Статистичну обробку експериментальних даних виконували за допомогою програмного забезпечення Statistica 10 (StatSoft – Dell Software Company, США).

Результати досліджень. Результати фотографічного моніторингу мікрорельєфу дослідних ділянок за застосованих варіантів сидерації у досліді представлено на рис. 2.

Результати умовновисотної фотограмметричної обробки цифрових типових зображень варіантів сидерального утримання грунту за весь період досліду у розрізі ключових етапів обліку (2014, 2019 та 2025 рр.) відповідно до описаної вище методики представлено на рис. 3.

За результатами супутнього опрацювання отриманого блоку інверсивних знімків було визначено базові параметри оцінки мікрорельєфу грунту залежно від застосованої тривалості сидерального утримання грунту (табл. 2).

Фотограмметричний аналіз мікрорельєфу поверхні ґрунту показав чітку диференціацію його висотної організації залежно від тривалості та систематичності сидерального використання редьки олійної.

Комплексна оцінка за показниками середньої висоти поверхні (H_{mean}), стандартного відхилення висот (SD_H), середнього абсолютного відхилення (R_a), середньоквадратичної шорсткості (R_q) та діапазону висот між 95-м і 5-м перцентилями (H_{95-5}) дозволяє розглядати мікрорельєф не лише як геометричну характеристику поверхні, а як інтегральний результат багаторічної взаємодії обробітку, опадів, структуроутворення ґрунту та надходження органічної речовини.

В абсолютному контролі (варіант а) значення можна розглядати як вихідний морфометричний фон, відносно якого оцінювали подальші зміни мікрорельєфу. При цьому SD_H і R_q малиь однакове значення, що свідчить про використання взаємопов'язаних характеристик дисперсії висотної структури поверхні. H_{95-5} характеризує ширину основного діапазону висотних варіацій і тому є особливо інформативним для оцінки загальної неоднорідності поверхні. Методично це відповідає сучасному розумінню ґрунтової шорсткості як багатомасштабної характеристики, яка включає мікрорельєф, випадкову та орієнтовану шорсткість [4, 9].

Порівняння варіантів а і b демонструє, що навіть без систематичного надходження сидеральної маси за п'ятирічний період відбулася помітна перебудова поверхні ґрунту. H_{mean} зменшився на 5,4%. Одночасно SD_H збільшився на 23,9%), R_a – на 24,3%, а R_q на +20,9%). Найбільше збільшення зафіксовано для H_{95-5} – на 25,4%. Отже, контрольна поверхня у 2019 р. характеризувалася нижчим середнім положенням висотного профілю, але

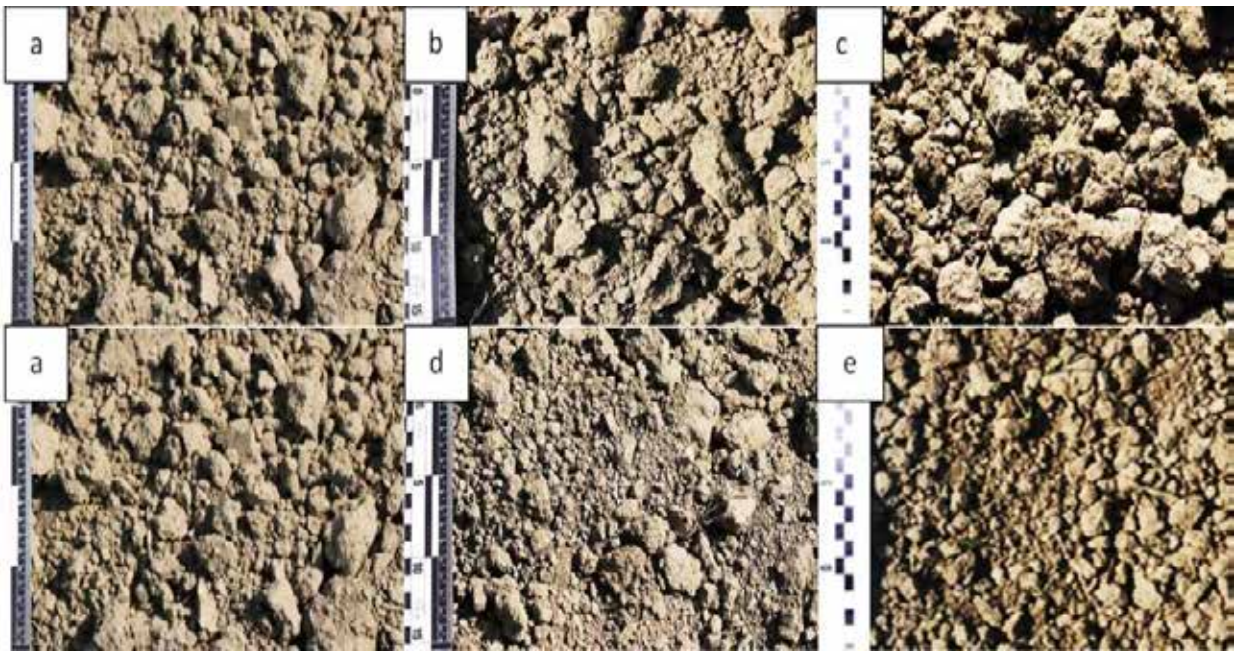


Рис. 2. Стан поверхні ґрунту на третю добу після ранньовесняного дискування на глибину 10–12 см залежно від варіантів досліду, 2014–2025 рр.

Примітка: a – абсолютний контроль (2014); b – контроль I (2019); c – застосування сидерату I (2019); d – контроль II (2025); e – застосування сидерату II (2025).

більшою варіабельністю висот. Це важливий результат: зниження H_{mean} не означало вирівнювання поверхні. Навпаки, збільшення SD_H, R_a, R_q та $H_{95–5}$ свідчить про формування більш контрастного мікрорельєфу. Дану тенденцію можна пояснити інтенсифікацією процесів дегравдації грунту зумовлену відсутністю органічного компоненту удобрення, повної відсутності мінеральних добрив, що веде як до агрохімічних процесів зінтенсивного зниження балансів основних елементів живлення, так і до інтенсифікації дегуміфікації грунтового профілю. У підсумку це знижує агргатоформуючий ефект грунтової органіки, його водостійкість та загальне знгиження структурованості з утворенням дрібнобрилистих та виражених брилистих фракцій. Такі висновки підтверджено і в ряді іншиих досліджень [3, 7, 10, 12, 15, 20] Подібну закономірність можна пов'язати також і з процесами природної трансформації поверхні ґрунту під дією атмосферних опадів, циклів зволоження–висушування та механічного руйнування агрегатів [8, 12, 18].

Особливо показовим є порівняння b – контроль I та c – сидерат I, де оцінювали поверхню ґрунту у 2019 р. після систематичного внесення сидеральної маси редьки олійної у 2014, 2016 та 2018 рр. За сидерації H_{mean} зріс 4,3% більше, ніж на відповідному контролі b. Водночас SD_H і R_q залишилися на рівні 0,223, а R_a зменшився на 1,1% на фоні збільшення показника $H_{95–5}$ на3,0%. На підставі такої динаміки можна стверджувати, що перший етап систематичної сидерації не спричинив різкого зниження шорсткості поверхні. Навпаки, спостерігалося певне відновлення середньої висоти поверхні при практично незмінній дисперсії висот.

Це можна інтерпретувати як початковий етап стабілізації просторової структури поверхні ґрунту. Регулярне надходження органічної маси редьки олійної могло сприяти підтриманню агрегатної організації поверхневого шару, тоді як коренева система формувала додаткові механічні та біологічні канали просторової перебудови ґрунту, що підтверджується і в інших дослідженнях [2, 4, 7, 10].

Ще більш інформативним є порівняння a → d, тобто вихідного стану 2014 р. та контрольного варіанта 2025 р. На контрольному варіанті H_{mean} зрыс на +2,3%. При цьому SD_H знизився, але залишався на 14,4% вище вихідного рівня. R_a зщрыс на11,8%, R_q на 14,4%, а показник $H_{95–5}$ зрыс у співставленні до абсолютного контролю (2014 рік) на 32,5%. Таким чином, за 11-річний період без сидерації сформувалася поверхня з істотно ширшим діапазоном висот, незважаючи на відносно невелику зміну середньої висоти. Особливо показовим є значення параметра $H_{95–5}$. Його зростання на третину (відповідно до [12]) свідчить про посилення висотної неоднорідності поверхні. Тобто довготривалий контрольний варіант характеризувався не просто зміною середньої висоти, а розширенням амплітуди мікрорельєфу.

Це узгоджується із сучасними уявленнями про те, що поверхнева шорсткість ґрунту є результатом одночасної дії механічних, гідрологічних та агротехнологічних чинників. Вона безпосередньо пов'язана з інфільтрацією, поверхневим стоком, ерозією та накопиченням води у мікродепресіях [20].

Найбільш переконлива закономірність виявлена при порівнянні d – контроль II та e – систематична сидерація II (моніторинг 2025 року після 6 циклів систематичної сидерації). За систематичного застосування сидерації H_{mean} зменшився на 15,0% відносно відповідного контролю. Одночасно встановлено такі тенденції у зміні

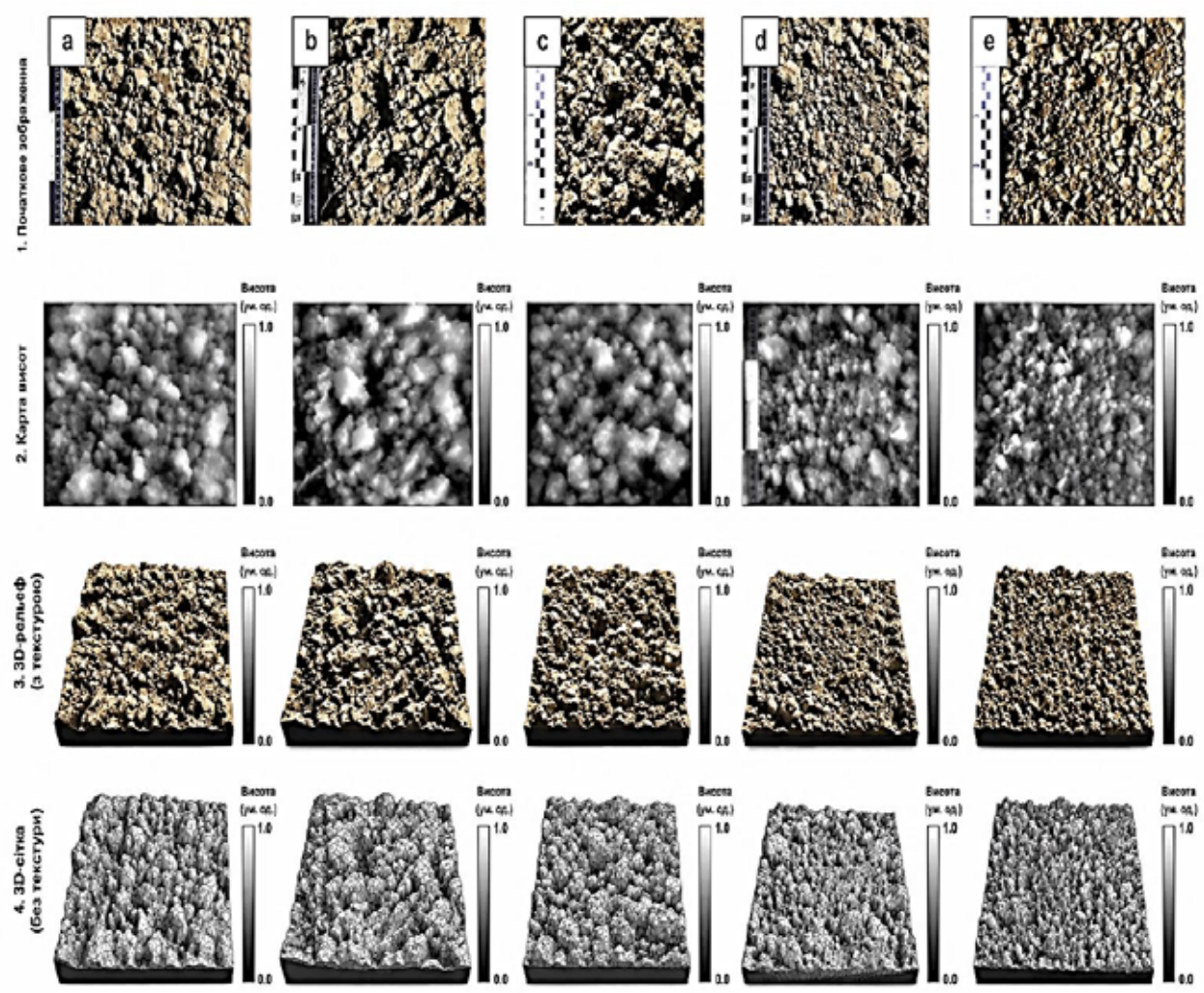


Рис. 3. Результати фотограмметричної обробки 2D цифрових зображень ґрунтової поверхні дослідних варіантів за базовим принципом умовної карти висот зображення, 2026 р.

Примітка: карти висот отримано з 8-бітних трансформованих зображень після світлової корекції освітлення (білий колір – вища висота, чорний – нижча.

Таблиця 2

Основні параметри аналізу мікрорельєфу поверхні дослідних ділянок за фотограмметричним підходом залежно від варіантів сидерального утримання ґрунту, 2014–2025

Варіант досліду*	H_{mean}, ум. од.	SD_H, ум. од.	R_a, ум. од.	R_q, ум. од.	H_{95-5}
a – абсолютний контроль без сидерації (вихідні параметри 2014 р.)	0,442	0,180	0,144	0,180	0,607
b – контроль I (без сидерації) (оцінка параметрів у 2019 році)	0,418	0,223	0,179	0,223	0,761
c – застосування сидерату I (оцінка параметрів у 2019 році) (сидерція у 2014, 2016 та 2018 роках)	0,436	0,223	0,177	0,223	0,784
d – контроль II (без сидерації) (оцінка параметрів у 2025 році)	0,452	0,206	0,161	0,206	0,804
e – застосування сидерату II (оцінка параметрів у 2025 році) (сидерція у 2014, 2016, 2018, 2020, 2022 та 2024 роках)	0,384	0,167	0,131	0,167	0,548

*Примітка. * – буквенна індексація варіантів відповідає їх індикації на рис. 2*

показників: SD_H -18,9%; R_a -18,6%; R_q -18,9%; H_{95-5} -31,8%. Слід зауважити, що саме показник H_{95-5} продемонстрував найбільш масштабну відповідь на систематичну сидерацію. Його зниження майже на 32% свідчить про істотне скорочення діапазону висотних варіацій поверхні. Цей результат є принципово важливішим, ніж просте зменшення показників R_a або R_q. Такі результати підтверджують висновок, що багаторічна систематична сидерація редькою олійною сприяла формуванню більш однорідної поверхні ґрунту з меншою амплітудою мікрорельєфу та

кращою структурованістю з позиції розміру та розміщення грунтових агрегатів.

Отримані результати вказують на ще одну встановлену тенденцію: ефект сидерації має кумулятивний характер. Три варіанти сидерації до 2019 р. вже змінювали морфометричну організацію поверхні, однак найбільш виражена перебудова проявилася після шести циклів сидерації до 2025 р.

Така інтерпретація узгоджується з дослідженнями довготривалого впливу систем управління ґрунтом, у яких показано, що різні системи землекористування можуть змінювати поверхневу шорсткість не тільки безпосередньо через обробіток, а й опосередковано через зміни властивостей ґрунту та його консолідації [4, 5, 7, 8, 9]. За визначених умов, зменшення параметрів висотної варіабельності поверхні може свідчити про формування більш вирівняної та просторово однорідної мікрорельєфної структури ґрунту під впливом систематичної сидерації.

Висновки. Застосування спрощеного фотограмметричного підходу дозволило встановити чітку диференціацію параметрів мікрорельєфу ґрунтової поверхні залежно від систематичності сидерації редькою олійною. За відсутності систематичного надходження сидеральної біомаси протягом 2014–2025 рр. відбулося поступове збільшення вертикальної неоднорідності поверхні: порівняно з вихідним станом $SD_н$, R_a та R_q зросли відповідно на 14,4, 11,8 та 14,4%, тоді як діапазон висот $H_{95–5}$ збільшився на 32,4%. Найбільш виражена трансформація мікрорельєфу встановлена за систематичної сидерації у 2025 р., коли порівняно з відповідним контролем $SD_н$, R_a та R_q зменшилися на 18,6–18,9%, а $H_{95–5}$ – на 31,8%. При цьому значення $H_{95–5}$ за систематичної сидерації було на 9,7% нижчим навіть за вихідний рівень 2014 р. Отримані результати свідчать, що довготривала систематична сидерація сприяє стабілізації мікрорельєфу ґрунтової поверхні та зменшенню амплітуди її вертикальної неоднорідності. Найбільш чутливим індикатором довготривалої трансформації поверхні виявився показник $H_{95–5}$, що може бути рекомендований як один із інтегральних морфометричних критеріїв оцінювання стабілізаційного ефекту сидеральних технологій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Adetunji A. T., Ncube B., Mulidzi R. A., Lewu F. B. Management impact and benefit of cover crops on soil quality: a review. *Soil & Tillage Research*. 2020. Vol. 204. Art. 104717. DOI: https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104717.
2. Aksakal E. L., Angin I., Sari S. A new approach for calculating aggregate stability: Mean Weight Aggregate Stability (MWAS). *Catena*. 2020. Vol. 194. Art. 104708. DOI: https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104708.
3. Bosilj P., Gould I., Duckett T., Cielniak G. Estimating soil aggregate size distribution from images using pattern spectra. *Biosystems Engineering*. 2020. Vol. 198. P. 63–77. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.07.012.
4. Dai W., Feng G., Huang Y., Adeli A., Jenkins J. N. Influence of cover crops on soil aggregate stability, size distribution and related factors in a no-till field. *Soil & Tillage Research*. 2024. Vol. 244. Art. 106197. DOI: https://doi.org/10.1016/j.still.2024.106197.
5. Duff J., van Sprang C., O'Halloran J., Hall Z. Guide to Brassica Biofumigant Cover Crops Managing soilborne diseases in vegetable production systems. Horticulture Innovation through VG16068. State of Queensland, 2020. 46 p.
6. Ehrhardt A., Deumlich D., Gerke H. H. Soil surface microtopography by Structure-from-Motion photogrammetry for monitoring density and erosion dynamics. *Frontiers in Environmental Science*. 2022. Vol. 9. Art. 737702. DOI: https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.737702.
7. Gentsch N., Riechers F. L., Boy J., Schweneker D., Feuerstein U., Heuermann D., Guggenberger G. Cover crops improve soil structure and change organic carbon distribution in macroaggregate fractions. *SOIL*. 2024. Vol. 10, № 1. P. 139–150. DOI: https://doi.org/10.5194/soil-10-139-2024.
8. Halder M., Liu S., Zhang Z. B., Guo Z. C., Peng X. H. Effects of residue stoichiometric, biochemical and C functional features on soil aggregation during decomposition of eleven organic residues. *Catena*. 2021. Vol. 202. Art. 105288. DOI: https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105288.
9. Hojati S., Heck R. J., Van Eerd L. L. Quantifying the spatial heterogeneity of topsoil microstructure in a horticultural cover cropping system from Southwestern Ontario, Canada. *Geoderma Regional*. 2024. Vol. 37. Art. e00789. DOI: https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2024.e00789.
10. Hu T., Olesen J. E., Christensen B. T., Sørensen P. Release of carbon and nitrogen from fodder radish (*Raphanus sativus*) shoots and roots incubated in soils with different management history. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 2018. Vol. 68, № 8. P. 749–756. DOI: https://doi.org/10.1080/09064710.2018.1480730.
11. Jensen T., Green O., Munkholm L. J., Karstoft H. Fourier and granulometry methods on 3D images of soil surfaces for evaluating soil aggregate size distribution. *Transactions of the ASABE*. 2016. Vol. 32. P. 609–615. DOI: https://doi.org/10.13031/aea.32.10938.
12. Martinez-Agirre A., Álvarez-Mozos J., Milenković M., Pfeifer N., Giménez R., Valle J. M., Rodríguez Á. Evaluation of Terrestrial Laser Scanner and Structure from Motion photogrammetry techniques for quantifying soil surface roughness parameters over agricultural soils. *Earth Surface Processes and Landforms*. 2020. Vol. 45, № 3. P. 605–621. DOI: https://doi.org/10.1002/esp.4758.
13. Moret-Fernández D., Latorre B., Peña C., González-Cebollada C., López M. V. Applicability of the photogrammetry technique to determine the volume and the bulk density of small soil aggregates. *Soil Research*. 2016. Vol. 54, № 3. P. 354–359. DOI: https://doi.org/10.1071/SR15163.
14. Passoni S., Borges F.D.S., Pires L.F., Saab S.D.C., Cooper M. Software Image J to study soil pore distribution. *Ciência e Agrotecnologia*. 2014. Vol. 38. P. 122–128. DOI: https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200003
15. Rocco S., Munkholm L. J., Jensen J. L. Long-term soil quality and C stock effects of tillage and cover cropping in a conservation agriculture system. *Soil & Tillage Research*. 2024. Vol. 241. Art. 106129. DOI: https://doi.org/10.1016/j.still.2024.106129
16. Stoyan D., Unland G. Point process statistics improves particle size analysis. *Granular Matter*. 2022. Vol. 24.

115. DOI: https://doi.org/10.1007/s10035-022-01278-8
17. Tsytsiura Y.H. Selection of effective software for the analysis of the fractional composition of the chaotic seed layer using the example of oilseed radish. *Engenharia Agrícola*, *Jaboticabal*. 2021. Vol. 41. №.2. P. 161–170. DOI: https://doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v41n2p161-170/2021
18. Wong J Handbook of Statistical Analysis and Data Mining Applications (Second Edition). Academic Press. 2018. 818 p.
19. Xingming Z., Lei L., Chunmei W., Leran H., Tao J., Xiaojie L., Zhuangzhuang F. Measuring surface roughness of agricultural soils: Measurement error evaluation and random components separation. *Geoderma*. 2021. Vol. 404. 115393. DOI: https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115393
20. Tobiszewski M., Vakh C. Analytical applications of smartphones for agricultural soil analysis. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2023. Vol. 415. P. 3703–3715. DOI: https://doi.org/10.1007/s00216-023-04558-1

REFERENCES:

1. Adetunji A. T., Ncube B., Mulidzi R. A., Lewu F. B. (2020). Management impact and benefit of cover crops on soil quality: a review. *Soil & Tillage Research*. 2020. Vol. 204. Art. 104717.
2. Aksakal E. L., Angin I., Sari S. (2020). A new approach for calculating aggregate stability: Mean Weight Aggregate Stability (MWAS). *Catena*. 2020. Vol. 194. Art. 104708.
3. Bosilj P., Gould I., Duckett T., Cielniak G. (2020). Estimating soil aggregate size distribution from images using pattern spectra. *Biosystems Engineering*. 198, 63–77.
4. Dai W., Feng G., Huang Y., Adeli A., Jenkins J. N. (2024). Influence of cover crops on soil aggregate stability, size distribution and related factors in a no-till field. *Soil & Tillage Rese*arch. 244, 106197.
5. Duff J., van Sprang C., O'Halloran J., Hall Z. (2020). *Guide to Brassica Biofumigant Cover Crops Managing soilborne diseases in vegetable production systems*. Horticulture Innovation through VG16068. State of Queensland
6. Ehrhardt A., Deumlich D., Gerke H. H. (2022). Soil surface micro-topography by Structure-from-Motion photogrammetry for monitoring density and erosion dynamics. *Frontiers in Environmental Science*. 9, 737702.
7. Gentsch N., Riechers F. L., Boy J., Schweneker D., Feuerstein U., Heuermann, D., Guggenberger G. (2024). Cover crops improve soil structure and change organic carbon distribution in macroaggregate fractions. *SOIL*. 10, 1, 139–150.
8. Halder M., Liu S., Zhang Z. B., Guo Z. C., Peng X. H. (2021). Effects of residue stoichiometric, biochemical and C functional features on soil aggregation during decomposition of eleven organic residues. Catena. 202, 105288.
9. Hojati S., Heck R. J., Van Eerd L. L. (2024). Quantifying the spatial heterogeneity of topsoil microstructure in a horticultural cover cropping system from Southwestern Ontario, Canada. *Geoderma Regional*. 37, e00789.
10. Hu T., Olesen J. E., Christensen B. T., Sørensen P. (2018). Release of carbon and nitrogen from fodder radish (Raphanus sativus) shoots and roots incubated in soils with different management history. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 68, 8, 749–756.
11. Jensen T., Green O., Munkholm L. J., Karstoft H. (2016). Fourier and granulometry methods on 3D images of soil surfaces for evaluating soil aggregate size distribution. *Transactions of the ASABE*. 32, 609–615.
12. Martinez-Agirre A., Álvarez-Mozos J., Milenković M., Pfeifer N., Giménez R., Valle J. M., Rodríguez Á. (2020). Evaluation of Terrestrial Laser Scanner and Structure from Motion photogrammetry techniques for quantifying soil surface roughness parameters over agricultural soils. *Earth Surface Processes and Landforms*. 45(3), 605–621.
13. Moret-Fernández D., Latorre B., Peña C., González-Cebollada C., López M. V. (2016). Applicability of the photogrammetry technique to determine the volume and the bulk density of small soil aggregates. *Soil Research*. 54(3), 354–359.
14. Passoni S., Borges F.D.S., Pires L.F., Saab S.D.C., Cooper M. (2014). Software Image J to study soil pore distribution. *Ciência e Agrotecnologia*. 38, 122–128.
15. Rocco S., Munkholm L. J., Jensen J. L. (2024). Long-term soil quality and C stock effects of tillage and cover cropping in a conservation agriculture system. *Soil & Tillage Research*. 241, 106129.
16. Stoyan D., Unland G. (2022). Point process statistics improves particle size analysis. *Granular Matter*. 24, 115.
17. Tsytsiura Y.H. (2021). Selection of effective software for the analysis of the fractional composition of the chaotic seed layer using the example of oilseed radish. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*. 41(2), 161–170.
18. Wong J (2018). Handbook of Statistical Analysis and Data Mining Applications (Second Edition). Academic Press.
19. Xingming Z., Lei L., Chunmei W., Leran H., Tao J., Xiaojie L., Zhuangzhuang F. (2021). Measuring surface roughness of agricultural soils: Measurement error evaluation and random components separation. *Geoderma.* 404, 115393.
20. Tobiszewski M, Vakh C (2023). Analytical applications of smartphones for agricultural soil analysis. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 415, 3703–3715.

Цицюра Я.Г. Оцінка вплив сидерації на мікрорельєфну структурованість ґрунту методом цифровізації зображення та фотограмметричної реконструкції умовної карти висот

Мета. Оцінити довготривалий вплив систематичної сидерації редькою олійною (Raphanus sativus L.) на мікрорельєф поверхні ґрунту.

Методи. Дослідження проводили у 2014–2025 рр. в умовах довготривалого польового експерименту. Порівнювали вихідний контроль без сидерації (2014 р.), контроль без сидерації та варіант із періодичною сидерацією у 2019 р., а також відповідні контроль і систематичну сидерацію у 2025 р. Фотографічні зображення поверхні ґрунту обробляли для отримання нормалізованих карт відносних висот і тривимірних моделей поверхні. Основними морфометричними характеристиками були середня висота поверхні (H_{mean}), стандартне відхилення висоти поверхні (SD_H), середня арифметична шорсткість (R_a), середньоквадратична шорсткість (R_q) та діапазон висот між 95-м і 5-м перцентилями ($H_{95–5}$).

Результати. Вихідна поверхня ґрунту характеризувалася H_{mean} = 0,442, SD_H = 0,180, R_a = 0,144, R_q = 0,180 та $H_{95–5}$ = 0,607 ум. од. Після п'яти років без сидерації SD_H і R_a зросли на 23,9 і 24,3 %, а $H_{95–5}$ – на 25,4 %. За періодичної сидерації у 2019 р. SD_H і R_a були відповідно на

23,9 і 22,9 % вищими, а $H_{95–5}$ – на 29,2 % порівняно з вихідними значеннями. У 2025 р. контроль без сидерації характеризувався SD_H = 0,206, R_a = 0,161, R_q = 0,206 та $H_{95–5}$ = 0,804. Систематична сидерація протягом 12 років знизила H_{mean} на 13,1 %, SD_H – на 7,2 %, R_a – на 9,0 %, R_q – на 7,2 %, $H_{95–5}$ – на 9,7 % порівняно з вихідним станом. Відносно контролю 2025 р. зниження становило відповідно 15,0; 19,0; 18,6; 19,0 та 31,8 %. Найвиразніший ефект встановлено для $H_{95–5}$.

Висновки. Систематична сидерація редькою олійною забезпечила довготривалий стабілізувальний вплив на рельєфну структуру поверхні ґрунту. Багаторазове заробляння сидеральної біомаси зменшувало амплітуду та просторову варіабельність мікрорельєфу, що підтверджувалося зниженням значень SD_H, R_a, R_q та $H_{95–5}$. Застосований спрощений фотограмметричний підхід виявився придатним для оперативної кількісної характеристики та тривимірної візуалізації мікрорельєфу поверхні ґрунту і може бути інформативним додатковим інструментом для оцінювання структурних змін ґрунту за довготривалого застосування регенеративних та ґрунтозберігальних агротехнологій.

Ключові слова: редька олійна, сидерація, поверхня ґрунту, мікрорельєф, структура ґрунту, фотограмметрія, 3D-візуалізація, шорсткість поверхні, ґрунтозбереження, регенеративне землеробство.

Tsytsiura Ya.G. Assessment of the impact of sideration on the micro-relief structure of soil using image digitization and photogrammetric reconstruction of a conditional elevation map

Purpose. The long-term effect (2014–2025) of systematic oilseed-radish green manuring on soil-surface microrelief was evaluated using a simplified photogrammetric approach based on normalized height maps and 3D surface reconstruction. T

Methods. The study was conducted under long-term field experimental conditions. The initial non-green-manured control (2014), the non-green-manured control and periodically green-manured treatment evaluated in 2019, as well as the corresponding control and systematic green-manuring treatment evaluated in 2025, were compared. Photographic images of the soil surface were processed to obtain normalized relative-height maps and three-dimensional surface models. The main morphometric characteristics included mean surface height (H_{mean}), standard deviation of surface height (SD_H), arithmetic mean roughness (R_a), root-mean-square roughness (R_q), and the height range between the 95th and 5th percentiles ($H_{95–5}$).

Results. The initial soil surface was characterized by H_{mean} = 0.442, SD_H = 0.180, R_a = 0.144, R_q = 0.180, and $H_{95–5}$ = 0.607 relative units. After five years without green manuring, SD_H and R_a increased by 23.9% and 24.3%, respectively, while $H_{95–5}$ increased by 25.4%. Under periodic green manuring in 2019, SD_H and R_a were 23.9% and 22.9% higher, respectively, whereas $H_{95–5}$ was 29.2% higher compared with the initial values. In 2025, the non-green-manured control was characterized by SD_H = 0.206, R_a = 0.161, R_q = 0.206, and $H_{95–5}$ = 0.804. Systematic green manuring over 12 years reduced H_{mean} by 13.1%, SD_H by 7.2%, R_a by 9.0%, R_q by 7.2%, and $H_{95–5}$ by 9.7% compared with the initial state. Relative to the 2025 non-green-manured control, the reductions were 15.0%, 19.0%, 18.6%, 19.0%, and 31.8%, respectively. The most pronounced effect was observed for $H_{95–5}$.

Findings. Systematic green manuring with oilseed radish exerted a long-term stabilizing effect on the relief structure of the soil surface. Repeated incorporation of green-manure biomass reduced the amplitude and spatial variability of microrelief, as confirmed by lower SD_H, R_a, R_q, and $H_{95–5}$ values. The simplified photogrammetric approach used proved suitable for the rapid quantitative characterization and three-dimensional visualization of soil-surface microrelief and may serve as an informative complementary tool for assessing structural changes in soils under long-term regenerative and soil-conserving agricultural practices.

Key words: oilseed radish, green manure, soil surface, microrelief, soil structure, photogrammetry, 3D visualization, surface roughness, soil conservation regenerative agriculture.

Дата першого надходження статті до видання: 03.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 635.21:631.527:632.3/.4.
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.27

ПОЕТАПНЕ ОЦІНЮВАННЯ ТА ДОБІР ГІБРИДНОГО МАТЕРІАЛУ КАРТОПЛІ ЗА СТІЙКІСТЮ ДО ХВОРОБ НА РАННІХ ЕТАПАХ СЕЛЕКЦІЇ

БЕРДІН С.І. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000–0002–2337–4107
Сумський національний аграрний університет
СОБРАН І.В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0002-5553-7674
Інститут картоплярства Національної академії аграрних наук України
ДАНІЛОВ І.Р. – аспірант
orcid.org/0009-0004-5263-6630
Сумський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Картопля належить до культур, формування врожайності яких значною мірою залежить від посівів ураження хворобами. Створення сортів із комплексною стійкістю дає змогу зменшити втрати врожаю та навантаження хімічних засобів захисту на навколишнє середовище. Це особливо важливо, враховуючи мінливості патогенного комплексу і кліматичних умов, на тлі необхідності поєднання стійкості з продуктивністю і якістю бульб [1].

Ефективність селекції залежить не лише від наявності джерел резистентності, а й від коректності оцінювання та добору вихідного матеріалу. Особливо складним є прийняття селекційного рішення на ранніх етапах, коли кожний генотип представлений однією рослиною або обмеженою кількістю бульб. За таких умов зростає ризик як помилкового вибраковування перспективних форм, так і збереження сприйнятливих генотипів [2]. Водночас можливості оцінювання змінюються в міру проходження селекційним матеріалом послідовних поколінь, що зумовлює необхідність диференціації критеріїв і жорсткості добору відповідно до представленості генотипу та надійності отриманої інформації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні дослідження селекції картоплі на стійкість до хвороб охоплюють широке коло питань, пов'язаних із джерелами резистентності, генетичними механізмами стійкості, особливостями прояву окремих патогенів та методами фітопатологічного оцінювання селекційного матеріалу. Водночас інформативність окремих методів істотно залежить від етапу селекційного процесу та кількості матеріалу, яким представлений конкретний генотип.

У поколінні сіянців можливості оцінювання обмежуються однією рослиною та невеликою кількістю сформованих бульб, що ускладнює відокремлення генотипової реакції від впливу умов середовища. В однобульбовому поколінні стає можливим одночасне польове оцінювання листкових хвороб, виявлення вірусоподібних симптомів і післязбиральний аналіз бульбового гнізда, тоді як у наступних клонових поколіннях збільшення кількості рослин дозволяє перевіряти відтворюваність встановленої реакції [3]. Таким чином, зі збільшенням представленості генотипу розширюються не лише можливості його фітопатологічного оцінювання, а й доказова база для прийняття селекційного рішення.

Разом із тим більшість публікацій зосереджено на окремих хворобах, джерелах стійкості або кінцевих результатах селекції, в той час як питання послідовного оцінювання матеріалу залежно від покоління та обґрунтованості зміни критеріїв добору систематизовано недостатньо [4]. Особливої уваги потребує співвідношення між надійністю отриманої оцінки та ризиком втрати перспективного генотипу на етапах, коли можливості повторного підтвердження його реакції обмежені. Тому актуальним є узагальнення наявних підходів у єдину систему поетапного добору гібридного матеріалу картоплі за стійкістю до хвороб.

Метою статті Метою статті є обґрунтування науково-методичного підходу до поетапного оцінювання та добору гібридного матеріалу картоплі за стійкістю до хвороб на ранніх етапах селекційного процесу з диференціацією критеріїв селекційного рішення залежно від представленості генотипу, надійності отриманої оцінки та можливості її підтвердження в наступних бульбових поколіннях.

Матеріали та методи. Науково-методичне обґрунтування поетапного оцінювання гібридного матеріалу картоплі за стійкістю до хвороб здійснювали з урахуванням особливостей організації ранніх етапів селекційного процесу, на яких послідовно уточняється представленість генотипу, обсяг доступного для оцінювання матеріалу та можливість підтвердження встановленої реакції. Етапи послідовно оцінювали – сіянці з ботанічного насіння, однобульбове покоління, наступні клонові покоління; та перевірка матеріалу за роками досліджень.

© Бердін С.І., Собран І.В., Данілов І.Р., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Для кожного етапу визначали об'єкти фітопатологічного оцінювання, можливість виявлення листкових і бульбових уражень, надійність отриманої інформації та допустиму жорсткість селекційного рішення. Методичний підхід формували за принципом послідовного накопичення інформації про реакцію генотипу. Окремим критерієм обґрунтування селекційного рішення розглядали ризик безповоротної втрати генотипу внаслідок помилкового негативного добору. Наукові публікації з питань селекції картоплі, фітопатології, генетики стійкості та оцінювання селекційного матеріалу використовували для теоретичного обґрунтування критеріїв і обмежень запропонованої системи.

Результати досліджень. Однією з особливостей ранніх етапів селекції картоплі є нерівнозначність наслідків помилкового рішення щодо збереження або вибраковування генотипу. У поколінні сіянців, де генотип представлений однією рослиною, його помилкове вибраковування фактично означає безповоротну втрату унікальної генетичної комбінації. Водночас збереження форми, яка через випадкове уникнення інфекції або недостатній розвиток хвороби, призводить до додаткових витрат на її подальше розмноження та повторне оцінювання.

Таку нерівнозначність наслідків добору можна розглядати як ціну помилки. Це має важливий вплив на принцип на ранніх етапах селекційного добору: жорсткість негативної браковки повинна узгоджуватися з рівнем представленості генотипу та надійністю одержаної інформації. Чим меншою кількістю рослин або бульб представлений генотип і чим нижчою є можливість повторної перевірки його реакції, тим більш переконливими мають бути підстави для остаточного вилучення такого матеріалу із селекційного процесу.

Результативність селекції на стійкість визначається строками, об'єктами й критеріями оцінювання. Так, на ранніх етапах генотип спочатку представлений однією рослиною і малою кількістю бульб, а згодом це клонове покоління ці значним обсягом селекційного матеріалу Саме тому разом з обсягом матеріалу змінюється й надійність висновків [5].

У поколінні сіянців представлено найбільше різноманіття, однак кожний генотип представлений однією рослиною. Це ускладнює відокремлення генетичної реакції від умов росту, але явно виражені ураження бульб дають підстави для первинного негативного добору навіть на цьому етапі селекції.

В однобульбовому поколінні вперше оцінюють вегетативно відтворену рослину, листкові хвороби та стан бульб після збирання. Однак реакція однієї рослини залишається попередньою і потребує підтвердження.

У бульбових поколіннях збільшення кількості клонових рослин дає змогу перевірити відтворюваність реакції та розрізнити стійкість від випадкового уникнення зараження.

Тобто, раннє оцінювання є послідовним накопиченням інформації. Особливості стійкості, сприйнятливості, толерантності та уникнення ураження в ранньому селекційному оцінюванні полягає в тому, що на цьому етапі потребує розмежування цих показників, адже відсутність симптомів може мати різну біологічну природу [6].

Уникнення ураження виникає через невідповідність фенології періоду інфекційного навантаження, локального розвитку патогена, особливості мікрорельєфу або недостатнє зволоження. Для однієї рослини ризик такого випадкового ефекту особливо високий.

Польова стійкість є сумарною реакцією генотипу, зумовленою мажорними генами, полігенним контролем, архітектонікою та стиглістю. Без визначених ізолятів, диференціаторів або маркерів польова оцінка не встановлює однозначно вертикальну чи горизонтальну природу реакції [7].

Вертикальна стійкість пов'язана переважно з генами, що мають чітко помітний вплив на зазначений показник, і захищає від певних рас. Горизонтальна має кількісний характер і сповільнює розвиток хвороби, часто залишаючись стабільнішою за зміни популяції патогена. У полі обидві складові можуть діяти одночасно [8].

Тому на ранніх етапах коректніше фіксувати низький рівень ураження, пізній початок або повільне прогресування хвороби, а конкретний генетичний механізм підтверджувати додатково.

Враховуючи генетичне різноманіття, сіянці істотно різняться за життєздатністю, темпами росту, строками бульбоутворення й відмирання надземної частини, що змінює тривалість контакту з інфекційним фоном і ускладнює порівняння.

Оцінка фітофторозу й альтернаріозу на стадії в сіянців обмежена: окрема рослина може уникнути достатнього інфекційного навантаження, а сильні симптоми інколи пов'язані із загальним ослабленням. Доступнішим об'єктом є бульби. Виражені ураження паршею можуть бути підставою для негативного добору, але відсутність симптомів не підтверджує стійкість через малу кількість бульб, ґрунтові умови та нерівномірність ураження збудник. Надмірно жорстка браковка за слабкими чи сумнівними симптомами може призвести до втрати генотипів із цінним поєднанням ознак [9].

Отже, у сіянців необхідно проводити помірний негативний добір: вилучення явно уражених, нежиттєздатних форм із одночасним збереженням різноманіття.

Однобульбове покоління поєднує польове спостереження і післязбиральний аналіз гнізда. Одна рослина з бульби зберігає широкий обсяг матеріалу притаманний сіянцям, але не забезпечує повторності, тому оцінка є підставою лише для попереднього добору. За природного фону доцільно проводити кілька обліків фітофторозу й альтернаріозу, враховуючи строк появи симптомів, швидкість їх розвитку та тривалість збереження активної надземної маси.

Добір однобульбових гібридів включає оцінку загального фітосанітарного стану. Рослини з явно вираженими вірусоподібними симптомами вилучають незалежно від реакції на фітофтороз чи альтернаріоз [10].

В бульбових поколіннях обов'язково повторно оцінюють листкові хвороби, вірусоподібні симптоми, стан рослин і бульб. Однорідний низький рівень ураження в межах клону надійніший за відсутність симптомів на одній рослині.

Підставою для браковки можуть бути мозаїчність, деформація і скручування листків, нерівномірне

забарвлення, пригнічення росту та карликовість, однак візуально не завжди можливо визначити конкретний вірус або відрізнити інфекцію від неінфекційного порушення [11].

Вірусна інфекція змінює ріст, площу листків, стиглість і продуктивність, спотворюючи оцінку реакції на цільові хвороби. Через вегетативне розмноження інфекція зберігається в наступних поколіннях, а бульби ураженої рослини ускладнюють подальшу оцінку клону.

Візуальна оцінка не замінює лабораторної діагностики, проте придатна для вилучення рослин із явними системними симптомами; сумнівні випадки оцінюють з урахуванням морфології й неінфекційних причин [12].

Отже, комплексний добір охоплює фітофтороз, альтернаріоз, вірусоподібні симптоми, життєздатність і стан бульбового гнізда; розмножують лише форми, що відповідають сукупності критеріїв.

Післязбиральний аналіз на цьому етапі виявляє ураження, непомітні протягом вегетації. Дослідження ураження паршею особливо важливі, оскільки вони знижують товарність і насіннєву цінність бульб. Ураження паршею мають подібні зовнішні прояви, але різну етіологію, тому їх не слід автоматично об'єднувати без урахування симптомів [13].

Звичайну паршу спричиняють фітопатогенні Streptomyces; її прояв залежить від ґрунту, pH, температури, вологості під час формування бульб та інфекційного навантаження. Чорна парша, або ризоктоніоз, проявляється склероціями Rhizoctonia solani на бульбах і може впливати на проростання, сходи та підземні органи. Сріблясta парша стає виразнішою під час зберігання. Горбкувата й порошиста парша мають специфічні симптоми, але їх надійна ідентифікація залежить від регіональних умов і складу патогенів.

Під час збирання проводять попередню диференціацію, а за нетипових чи змішаних симптомів – додаткову діагностику. У ранній селекції головним є вилучення форм із чітко небажаним ураженням.

За однієї-двох бульб відсутність симптомів має низьку прогностичну цінність, тоді як виражене ураження навіть невеликої кількості бульб може бути підставою для негативного добору. Оцінюють частку уражених бульб, площу і тип симптомів та наявність здорового матеріалу для розмноження, оскільки поодиноке й масове ураження мають різне селекційне значення [14].

Поряд із фітосанітарним станом враховують життєздатність: дуже низька продуктивність або відсутність придатних бульб можуть перешкодити переведенню генотипу далі в селекційному процесі.

На зазначеному етапі селекційної роботи необхідно обґрунтувати ризики раннього негативного добору та збереження генетичного різноманіття. Оптимальною є браковка за чітких сильних симптомів; слабкі чи сумнівні прояви оцінюють разом зі станом рослини, розвитком хвороби на ділянці та можливістю повторної перевірки.

Слід зазначити, що у популяціях із широким розщепленням генотип може бути цінним як донор окремої ознаки, навіть якщо не відповідає всім вимогам сорту. Тому слід відрізняти непридатні форми від матеріалу, який варто зберегти.

Отже, ранній негативний добір є первинним фільтром, а його ефективність визначається скороченням матеріалу без необґрунтованої втрати потенційно цінних генотипів.

В секції картоплі на стійкість до хвороб слід враховувати природний інфекційний фон як умову раннього добору. Саме фон дає змогу оцінювати генотип у реальній взаємодії з патогенним комплексом і середовищем. Тому перевірка за роками вирощування виявляє залежність стійкості від середовища [11].

Слід враховати, що на природному фоні (на який вливає погода, ґрунтові умови та строки формування врожаю) навіть за несприятливих умов частина сприйнятливих форм не проявляє симптомів. Тому базовим в оцінці природного фону становить те, що найбільш інформативний він стає за вираженого ураження контролів і достатньої рівномірності симптомів. Інакше результати слід вважати попередніми і підтверджувати в наступному сезоні [15].

За слабкого фону безсимптомні форми можуть виявитися сприйнятливими, тоді як помірне ураження в рік сильної епіфітотії може свідчити про відносно високу польову стійкість. Генотип, що зберігає низьке ураження за різної інтенсивності природного фону, має вищу селекційну цінність.

У міру збільшення матеріалу критерії посилюють: від негативного добору найбільш небажаних форм переходять до позитивного відбору генотипів, що поєднують низьке ураження, життєздатність і здатність до розмноження.

Узагальнюючи підходи до раннього селекційного добору слід відзначити, що проведений аналіз показав, що відмінності між ранніми етапами селекційного процесу визначаються не лише переліком доступних для оцінювання хвороб, а насамперед рівнем представленості генотипу та можливістю повторного підтвердження його реакції. Зі збільшенням кількості рослин одного генотипу послідовно зростає обсяг інформації про його фітосанітарний стан, підвищується надійність оцінки та зменшується ризик безповоротної втрати перспективного матеріалу внаслідок помилкового негативного рішення.

На підставі встановленої залежності між представленістю генотипу, надійністю його фітопатологічної оцінки та ризиком помилкового вибраковування сформовано науково-методичний підхід до поетапного добору гібридного матеріалу картоплі. Його основним положенням є узгодження жорсткості селекційного рішення з доказовістю інформації, доступної на відповідному етапі селекційного процесу. Практичну реалізацію запропонованого підходу наведено в табл. 1.

Як бачимо, кожний етап формує окремий рівень інформації, тому критерії не дублюють, а послідовно уточнюють відповідно до кількості матеріалу.

У сіянців вилучають явно уражені й нежиттєздатні форми без надмірного звуження різноманіття. В однобульбовому поколінні проводять комплексний фітосанітарний добір, а в наступних клонових поколіннях посилюють позитивний відбір за стійкістю, життєздатністю і здатністю до розмноження.

В селекційній практиці завжди існує питання надійності оцінки та ціни помилкового вибраковування. Узагальнені

Таблиця 1

Система поетапного добору гібридного матеріалу картоплі за стійкістю до хвороб

Етап селекційного процесу	Представленість генотипу	Основні об'єкти оцінювання	Переважний характер добору
Сіянці з ботанічного насіння	Одна рослина, обмежена кількість бульб	Життєздатність, здатність до бульбоутворення, виражені ураження бульб	Помірний негативний
Однобульбове покоління	Одна вегетативно відтворена рослина	Фітофтороз, альтернаріоз, вірусоподібні симптоми, життєздатність, стан бульбового гнізда	Комплексний негативний і попередній позитивний
Наступні клонові покоління	Кілька рослин одного генотипу	Повторний прояв листкових і бульбових хвороб, однорідність реакції, життєздатність	Підтверджувальний, із посиленням позитивного добору
Повторне оцінювання за роками вирощування	Розмножений клон	Стабільність реакції за різної інтенсивності інфекційного фону, поєднання стійкості з життєздатністю	Уточнювальний і позитивний

Таблиця 2

Диференціація селекційного рішення залежно від надійності оцінювання та ціни помилкового вибраковування

Етап селекційного процесу	Надійність оцінки	Ціна помилкового вибраковування	Селекційне рішення
Сіянці з ботанічного насіння	Низька; повторна оцінка того самого фенотипу неможлива	Дуже висока – втрата унікального генотипу є безповоротною	Вилучення лише явно небажаних форм; збереження сумнівного матеріалу для подальшої перевірки
Однобульбове покоління	Обмежена; реакція однієї рослини потребує підтвердження	Висока – генотип може бути втрачений до перевірки відтворюваності реакції	Попередній відбір генотипів для клонового розмноження
Наступні клонові покоління	Середня–висока; можлива перевірка відтворюваності	Помірна – рішення ґрунтується на реакції кількох рослин	Підтвердження стійкості та виділення перспективних клонів
повторне оцінювання за роками вирощування	Висока за достатнього розвитку хвороб і повторюваності реакції	Відносно низька – рішення спирається на накопичену багаторічну інформацію	Виділення форм із підтвердженою польовою стійкістю

можливості, обмеження та запропоноване селекційне рішення наведено в табл. 2.

Отже, ранній добір за стійкістю до хвороб доцільно розглядати як систему послідовних селекційних фільтрів із асиметричною ціною помилки: на етапах низької представленості генотипу потенційні наслідки його помилкового вилучення є значно більшими, ніж наслідки тимчасового збереження сприйнятливої форми для наступної перевірки. У міру накопичення інформації ця невизначеність зменшується, що створює підстави для переходу від обережного негативного добору до підтверджувального та позитивного відбору найбільш цінних генотипів.

Висновки. В результаті проведеного аналізу з формовані наступні етапи оцінювання стійкості картоплі до основних хвороб:

1. Обґрунтовано науково-методичний підхід до поетапного оцінювання та добору гібридного матеріалу картоплі за стійкістю до хвороб, в основу якого покладено узгодження жорсткості селекційного рішення з представленістю генотипу, надійністю отриманої оцінки та можливістю її повторного підтвердження.

2. Запропоновано розглядати оцінювання стійкості як послідовне накопичення інформації про реакцію генотипу: від первинної фітосанітарної оцінки сіянців і комплексного добору в однобульбовому поколінні до підтвердження відтворюваності реакції в наступних клонових поколіннях та за повторного оцінювання в різні роки вирощування.

3. Обґрунтовано доцільність урахування «ціни помилки добору» як складової прийняття селекційного рішення. За низької представленості генотипу потенційні наслідки його помилкового вилучення є вагомішими, ніж тимчасове збереження сприйнятливої форми для наступної перевірки. Урахування цієї асиметрії дає змогу диференціювати жорсткість браковки та зменшити ризик безповоротної втрати потенційно цінного матеріалу.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з експериментальною перевіркою запропонованого науково-методичного підходу та встановленням відтворюваності результатів оцінювання і добору гібридного матеріалу картоплі в наступних клонових поколіннях і в різні роки вирощування. Подальшого обґрунтування потребує прогностична цінність окремих критеріїв ранньої браковки

залежно від представленості генотипу та інтенсивності природного інфекційного фону. Окремим напрямом є кількісна оцінка «ціни помилки добору», що дозволить визначити оптимальну жорсткість селекційного рішення на послідовних етапах селекційного процесу та зменшити ризик безповоротної втрати потенційно цінного матеріалу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Кравченко Н. В., Подгаєцький А. А., Христенко А. О., Задорожний А. Л., Четверик Б. М. Пошук стійкості до м'якої гнилі картоплі в умовах Північно-Східного Лісостепу України. Український журнал природничих наук. 2025. Вип. 11. С. 152–161.
2. Silva G. O., Pereira A. S. Seleção em gerações iniciais para caracteres agronômicos em batata. Horticultura Brasileira. 2011. Vol. 29, No. 4. P. 449–455. DOI: 10.1590/S0102-05362011000400001.
3. Gastelo M., Perez W., Quispe K., Pozo V. Phenotypic stability and correlation for late blight resistance in advanced potato clones under field and controlled conditions. American Journal of Potato Research. 2022. Vol. 99. P. 150–159. DOI: 10.1007/s12230-022-09861-8.
4. Bradshaw J. E. Potato-breeding strategy. In: Vreugdenhil D. et al. (eds.). Potato Biology and Biotechnology: Advances and Perspectives. Amsterdam : Elsevier, 2007. P. 157–177. DOI: 10.1016/B978-044451018-1/50050-6.
5. Bradshaw J. E. Potato Breeding: Theory and Practice. Cham: Springer, 2021. XVII, 563 p. DOI: 10.1007/978-3-030-64414-7.
6. Burbano-Figueroa O. Plant resistance to pathogens: A review describing the vertical and horizontal resistance concepts. Revista Argentina de Microbiología. 2020. Vol. 52, No. 3. P. 245–255. DOI: 10.1016/j.ram.2020.04.006.
7. Cowger C., Brown J. K. M. Durability of quantitative resistance in crops: Greater than we know? Annual Review of Phytopathology. 2019. Vol. 57. P. 253–277. DOI: 10.1146/annurev-phyto-082718-100016.
8. Paluchowska P., Śliwka J., Yin Z. Late blight resistance genes in potato breeding. Planta. 2022. Vol. 255. Article 127. DOI: 10.1007/s00425-022-03910-6.
9. Pinto C. A. B. P., Valverde V. I. R., Rossi M. S. Efficiency of selection in the early clonal generations of potato (Solanum tuberosum L.). Pesquisa Agropecuária Brasileira. 1994. Vol. 29, No. 5. P. 771–778. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab1994.v29.4114.
10. Подгаєцький А. А. Використання біологічних особливостей форм картоплі при її вирощуванні та отриманні відносно здорового насіннєвого матеріалу. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія». 2012. Вип. 2. С. 167–171.
11. Abuley I. K., Hansen J. G. Characterization of the level and type of resistance of potato varieties to late blight (Phytophthora infestans). Phytopathology. 2022. Vol. 112, No. 9. P. 1917–1927. DOI: 10.1094/PHYTO-07-21-0309-R.
12. Pysarenko N., Furdyha M., Zakharchuk N., Hordiienko V. Resistance status of potato varieties to early blight under changing climate conditions in Polissia, Ukraine. Scientific Progress & Innovations. 2025. Vol. 28, No. 2. P. 87–95. DOI: 10.31210/spi2025.28.02.14.
13. Xue W., Haynes K. G., Qu X. Resistance to Phytophthora infestans clonal lineage US-23 in potato cultivars and its relationship with early blight resistance and tuber yield. Plant Disease. 2021. Vol. 105, No. 12. P. 3778–3786. DOI: 10.1094/PDIS-03-21-0594-RE.
14. Mondal S., Wintermantel W. M., Gray S. M. Infection dynamics of Potato virus Y isolate combinations in three potato cultivars. Plant Disease. 2023. Vol. 107, No. 1. P. 157–166. DOI: 10.1094/PDIS-09-21-1980-RE.
15. Wu P.-Y., Stich B., Hartje S., Muders K., Prigge V., van Inghelandt D. Optimal implementation of genomic selection in clone breeding programs exemplified in potato: II. Effect of selection strategy and cross-selection method on long-term genetic gain. The Plant Genome. 2025. Vol. 18. Article e70000. DOI: 10.1002/tpg2.70000.

REFERENCES:

1. Kravchenko N.V., Podhaietskyi A.A., Khrystenko A.O., Zadorozhnyi A.L., Chetveryk B.M. (2025), Poshuk stiikosti do miakoi hnyli kartopli v umovakh Pivnichno-Skhidnoho Lisostepu Ukrainy [Search for resistance to potato soft rot under the conditions of the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine], Ukrainskyi zhurnal pryrodnychykh nauk, vol. 11, pp. 152–161. [in Ukrainian]
2. Silva G.O., Pereira A.S. (2011), Seleção em gerações iniciais para caracteres agronômicos em batata, Horticultura Brasileira, vol. 29, no. 4, pp. 449–455. DOI: 10.1590/S0102-05362011000400001.
3. Gastelo M., Perez W., Quispe K., Pozo V. (2022), Phenotypic stability and correlation for late blight resistance in advanced potato clones under field and controlled conditions, American Journal of Potato Research, vol. 99, pp. 150–159. DOI: 10.1007/s12230-022-09861-8.
4. Bradshaw J.E. (2007), Potato-breeding strategy, in Vreugdenhil D. et al. (eds.), Potato Biology and Biotechnology: Advances and Perspectives, Elsevier, Amsterdam, Netherlands, pp. 157–177. DOI: 10.1016/B978-044451018-1/50050-6.
5. Bradshaw J.E. (2021), Potato Breeding: Theory and Practice, Springer, Cham, Switzerland, 563 p. DOI: 10.1007/978-3-030-64414-7.
6. Burbano-Figueroa O. (2020), Plant resistance to pathogens: A review describing the vertical and horizontal resistance concepts, Revista Argentina de Microbiología, vol. 52, no. 3, pp. 245–255. DOI: 10.1016/j.ram.2020.04.006.
7. Cowger C., Brown J.K.M. (2019), Durability of quantitative resistance in crops: Greater than we know?, Annual Review of Phytopathology, vol. 57, pp. 253–277. DOI: 10.1146/annurev-phyto-082718-100016.
8. Paluchowska P., Śliwka J., Yin Z. (2022), Late blight resistance genes in potato breeding, Planta, vol. 255, article 127. DOI: 10.1007/s00425-022-03910-6.
9. Pinto C.A.B.P., Valverde V.I.R., Rossi M.S. (1994), Efficiency of selection in the early clonal generations of potato (Solanum tuberosum L.), Pesquisa Agropecuária Brasileira, vol. 29, no. 5, pp. 771–778. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab1994.v29.4114.
10. Podhaietskyi A.A. (2012), Vykorystannia biolohichnykh osoblyvostei form kartopli pry yii vyroshchuvanni ta otrymanni vidnosno zdorovoho nasinnievoho materialu [Use of biological characteristics of potato forms in cultivation and production of relatively healthy seed material], Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriia «Ahronomiia i biolohiia», vol. 2, pp. 167–171. [in Ukrainian]
11. Abuley I.K., Hansen J.G. (2022), Characterization of the level and type of resistance of potato varieties to

late blight (Phytophthora infestans), Phytopathology, vol. 112, no. 9, pp. 1917–1927. DOI: 10.1094/PHYTO-07-21-0309-R.
12. Pysarenko N., Furdyha M., Zakharchuk N., Hordiienko V. (2025), Resistance status of potato varieties to early blight under changing climate conditions in Polissia, Ukraine, Scientific Progress & Innovations, vol. 28, no. 2, pp. 87–95. DOI: 10.31210/spi2025.28.02.14.
13. Xue W., Haynes K.G., Qu X. (2021), Resistance to Phytophthora infestans clonal lineage US-23 in potato cultivars and its relationship with early blight resistance and tuber yield, Plant Disease, vol. 105, no. 12, pp. 3778–3786. DOI: 10.1094/PDIS-03-21-0594-RE.
14. Mondal S., Wintermantel W.M., Gray S.M. (2023), Infection dynamics of Potato virus Y isolate combinations in three potato cultivars, Plant Disease, vol. 107, no. 1, pp. 157–166. DOI: 10.1094/PDIS-09-21-1980-RE.
15. Wu P.-Y., Stich B., Hartje S., Muders K., Prigge V., van Inghelandt D. (2025), Optimal implementation of genomic selection in clone breeding programs exemplified in potato: II. Effect of selection strategy and cross-selection method on long-term genetic gain, The Plant Genome, vol. 18, article e70000. DOI: 10.1002/tpg2.70000.

Бердін С.І., Собран І.В., Данілов І.Р. Поетапне оцінювання та добір гібридного матеріалу картоплі за стійкістю до хвороб на ранніх етапах селекції

Мета. Обґрунтувати науково-методичний підхід до поетапного оцінювання та добору гібридного матеріалу картоплі за стійкістю до хвороб на ранніх етапах селекційного процесу з диференціацією критеріїв селекційного рішення залежно від представленості генотипу, надійності отриманої оцінки та можливості її підтвердження в наступних клонових поколіннях. **Методи**. Науково-методичний підхід формували на основі порівняльного аналізу можливостей фітопатологічного оцінювання гібридного матеріалу на послідовних етапах селекційного процесу. Для покоління сіянців, однобульбового та наступних клонових поколінь зіставляли представленість генотипу, доступні об'єкти оцінювання, можливість повторного підтвердження реакції та ризик помилкового селекційного рішення. Наукові публікації з питань селекції картоплі, фітопатології та генетики стійкості використовували для теоретичного обґрунтування критеріїв і обмежень запропонованої системи.

Результати. Обґрунтовано залежність жорсткості селекційного рішення від представленості генотипу та надійності інформації про його реакцію на ураження хворобами. Для сіянців, представлених однією рослиною та обмеженою кількістю бульб, доцільним визначено помірний негативний добір із вилученням форм із чітко вираженими небажаними ознаками. В однобульбовому поколінні запропоновано комплексне оцінювання, що поєднує облік листкових хвороб і вірусоподібних симптомів із післязбиральним аналізом бульбового гнізда, при цьому реакцію однієї рослини розглядають як попередню. Зі збільшенням представленості генотипу в наступних клонових поколіннях зростає можливість підтвердження відтворюваності його реакції, що створює підстави для переходу від обережного негативного до підтверджувального та позитивного добору. Запропоновано розглядати цей процес як послідовне накопичення інформації, за якого жорсткість селекційного рішення зростає разом із його доказовістю. Методичною складовою підходу визначено «ціну помилки добору», що характеризує нерівнозначність наслідків помилкового вилучення перспективного генотипу та тимчасового збереження сприйнятливої форми для наступної перевірки. **Висновки**. Запропонований науково-методичний підхід передбачає узгодження критеріїв і жорсткості добору з обсягом інформації, доступної на відповідному етапі селекційного процесу. За низької представленості генотипу перевагу слід надавати помірному негативному добору, тоді як клонове розмноження та повторне оцінювання в різні роки вирощування створюють основу для підтвердження відтворюваності реакції та посилення позитивного добору. Урахування «ціни помилки добору» дозволяє диференціювати селекційні рішення та зменшити ризик безповоротної втрати потенційно цінного матеріалу на ранніх етапах селекції.

Ключові слова: фітопатологічне оцінювання, природний інфекційний фон, клонове розмноження, фітосанітарна браковка, генотипова реакція, польова резистентність, селекційний фільтр, ціна помилки.

Berdin S.I., Sobran I.V., Danilov I.R. Stepwise evaluation and selection of hybrid potato material for disease resistance at the early stages of breeding

Purpose. To substantiate a scientific and methodological approach to the stepwise evaluation and selection of hybrid potato material for disease resistance at the early stages of the breeding process, with differentiation of breeding decision criteria according to genotype representation, the reliability of the obtained evaluation, and the possibility of confirming the response in subsequent clonal generations.

Methods. The scientific and methodological approach was developed through a comparative analysis of the possibilities for phytopathological evaluation of hybrid material at successive stages of the breeding process. For the seedling, single-tuber, and subsequent clonal generations, genotype representation, available objects of evaluation, the possibility of repeated confirmation of genotype response, and the risk of an erroneous breeding decision were compared. Scientific publications on potato breeding, phytopathology, and the genetics of resistance were used to provide the theoretical basis for the criteria and limitations of the proposed system.

Results. The relationship between the stringency of breeding decisions, genotype representation, and the reliability of information on disease response was substantiated. For seedlings represented by a single plant and a limited number of tubers, moderate negative selection with the elimination of forms showing clearly expressed undesirable traits was considered appropriate. In the single-tuber generation, a comprehensive evaluation combining assessment of foliar diseases and virus-like symptoms with post-harvest examination of tubers from individual plants was proposed, while the response of a single plant should be regarded as preliminary. As genotype representation increases in subsequent clonal generations, the possibility of confirming the reproducibility of its response also increases, providing a basis for transition from cautious negative selection to confirmatory and positive selection. This process is proposed to be considered as the sequential accumulation of information, in which the stringency of breeding decisions increases together with the strength of the supporting evidence. The "cost of selection error" was introduced as a methodological component of the approach, reflecting the unequal consequences of erroneous elimination of a promising genotype and temporary retention of a susceptible form for subsequent evaluation.

Conclusions. The proposed scientific and methodological approach provides for aligning selection criteria and decision stringency with the amount and reliability of information available at a particular stage of the breeding process. When genotype representation is limited, moderate negative selection should be preferred, whereas clonal propagation and repeated evaluation in different growing years provide a basis for confirming the reproducibility of genotype response and strengthening positive selection. Consideration of the "cost of selection error" makes it possible to differentiate breeding decisions and reduce the risk of irreversible loss of potentially valuable material at the early stages of breeding.

Key words: phytopathological screening, natural infection pressure, clonal propagation, phytosanitary culling, genotypic response, pathogen complex, evidential basis for decision-making, cost of error.

Дата першого надходження статті до видання: 02.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 633.16:631.811:581.132(477.7)
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.28

ФОТОСИНТЕТИЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ ПОСІВІВ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ОПТИМІЗАЦІЇ ЖИВЛЕННЯ ТА СОРТОВИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ В УМОВАХ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ А.В. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-8199-681X
Миколаївський національний аграрний університет
ГОНЧАРЕНКО Є.В. – аспірант
orcid.org/0009-0008-2093-4309
Миколаївський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Ячмінь ярий (*Hordeum vulgare* L.) є однією з провідних зернових культур України, продуктивність якої значною мірою визначається ефективністю формування фотосинтетичного апарату та здатністю рослин максимально використовувати доступні ресурси вологи, елементів живлення і сонячної радіації у період вегетації. Особливого значення ці питання набувають у Південному Степу України, де дефіцит вологи, високі температури та нерівномірність опадів упродовж вегетаційного періоду сільськогосподарських культур обмежують реалізацію генетичного потенціалу сортів. У таких умовах оптимізація живлення та добір сортів із високою адаптивністю є важливими складовими технології вирощування сільськогосподарських культур, в т. ч. і ячменю ярого.

Фотосинтетична діяльність посівів визначається комплексом показників, серед яких особливе значення мають площа листкової поверхні, фотосинтетичний потенціал та чиста продуктивність фотосинтезу. Саме сформований асиміляційний апарат визначає потенційну здатність посіву акумулювати сонячну енергію та трансформувати її в органічну речовину.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженнями встановлено, що площа листкової поверхні рослин та фотосинтетичний потенціал ячменю ярого істотно залежать як від генотипу, так і від рівня мінерального живлення [1, 2]. Зокрема, встановлено, що застосування азотних добрив сприяє значному збільшенню площі листкової поверхні рослин, а поєднання азоту з фосфором і калієм забезпечує більш інтенсивне формування фотосинтетичного апарату рослин [1]. У дослідженнях Г. М. Господаренка та співавторів за вирощування ячменю ярого голозерного внесення повного мінерального добрива $N_{70}P_{60}K_{70}$ збільшувало площу листкової поверхні у фазі ВВСН 50 у 2,3–3,3 раза залежно від року досліджень [1].

Перспективним напрямом оптимізації фотосинтетичної діяльності посівів сільськогосподарських культур є використання біологічних препаратів, біостимуляторів та мікродобрив. Їх застосування може сприяти активізації ростових процесів, збільшенню площі асиміляційної поверхні, підвищенню вмісту хлорофілу та продовженню функціонування фотосинтезуючого апарату. Horobets et al. [3] встановили, що застосування стимуляторів росту на посівах ячменю ярого сприяло збільшенню тривалості роботи асиміляційної поверхні на 11,1%, фотосинтетичного потенціалу – на 5,7%, а чистої продуктивності фотосинтезу – приблизно на 10%.

Подібні закономірності встановлено Гамаюновою В. В. та Кувшиновою А. О. [4] за вирощування ячменю озимого в умовах Південного Степу України. Позакореневі підживлення сучасними біопрепаратами позитивно впливали на площу листкової поверхні, фотосинтетичний потенціал і чисту продуктивність фотосинтезу. Встановлено також, що дворазове проведення підживлень упродовж вегетації було ефективнішим за одноразове, а реакція на біопрепарати залежала від сортових особливостей [4].

Підтвердження позитивної ролі біологічних препаратів отримано й у інших дослідженнях. Березовський А. В. [5] встановив, що комплексне застосування препаратів Biozlak і Baktiva на ячмені ярому голозерному підвищувало чисту продуктивність фотосинтезу на 10–19%, а найвищі показники формувалися за поєднання передпосівної обробки насіння та післясходового застосування біопрепаратів. Безноско І. В. та ін. [6] також підтверджують, що регулятори росту та мікродобрива здатні активізувати накопичення хлорофілу, фотосинтетичну активність хлоропластів та чисту продуктивність фотосинтезу ячменю.

Важливим є поєднання сортової адаптивності та біологізації технології вирощування. Сучасні зарубіжні дослідження демонструють перспективність використання мікробних біостимуляторів для підвищення стійкості ячменю ярого до дефіциту вологи. Ferioun et al. [7] зазначають, що посухостійкі генотипи в поєднанні з мікробними інокулянтами можуть сприяти підтриманню росту, фотосинтетичної активності та продуктивності рослин за водного стресу. Це особливо актуально для Південного Степу України, де дефіцит вологи є одним із ключових лімітуючих чинників продуктивності ячменю ярого.

Водночас взаємодія між сортом і системою живлення залишається недостатньо вивченою. Дослідження взаємодії сорт × удобрення показують, що сучасні та старі генотипи ячменю ярого можуть істотно відрізнятися за ефективністю використання елементів живлення.

© Добровольський А.В., Гончаренко Є.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Зокрема, у дослідженні 2024 року встановлено, що сорт та режим удобрення впливали на біомасу рослин, концентрацію елементів живлення та склад ризосферного мікробіому [8]. Таким чином, однакова система удобрення не обов'язково забезпечує однакову фізіологічну реакцію різних генотипів.

Особливого значення набуває оцінювання фотосинтетичної ефективності саме в умовах недостатнього та нестабільного зволоження. Дослідження показують, що водний дефіцит негативно впливає на площу листкової поверхні, біомасу, фотосинтетичну діяльність посівів та кінцеву продуктивність ячменю, а сорти мають різну здатність підтримувати фізіологічну активність за стресових умов [7, 9].

Метою статті є визначити вплив сортових особливостей, передпосівної інокуляції насіння та позакореневих підживлень рослин у період вегетації на фотосинтетичну діяльність посівів ячменю ярого в умовах Південного Степу України.

Матеріали та методика досліджень. Експериментальні дослідження проводили у 2023 – 2025 рр. в умовах Навчально-науково-практичного центру Миколаївського національного аграрного університету. Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем південний, залишково-слабкосолонцюватий важкосуглинковий на лесах. Дослідне поле розміщене в третьому агрокліматичному районі та належить до підзони Південного Степу України. Клімат території є помірно континентальним і вирізняється теплим та відносно сухим характером, а також нестабільністю снігового покриву. Упродовж років досліджень гідротермічні умови значно варіювали, що дало змогу забезпечити репрезентативність і об'єктивність отриманих результатів.

Схема досліду включала наступні варіанти: Фактор А – сорт: 1. Надійний; 2. Таманго. Фактор В – передпосівна обробка насіння: 1. Контроль (без обробки); 2. Фітоцид-р (1 л/т); 3. МікоФренд (1 л/т). Фактор С – позакореневе підживлення посівів: 1. Обробка водою; 2. HELPROST® Універсальний (2 л/га); 3. ГуміФренд (0,5 л/га).

Підживлення посівів добривами проводили двічі за вегетацію – на початку фаз виходу рослин ячменю ярого у трубку та колосіння. Норма робочого розчину складала 200 л/га.

Агротехніка вирощування ячменю ярого в дослідах була загальноприйнятою для Степової зони. Попередником під ячмінь ярий в дослідах була пшениця озима. Сівбу проводили рядковим способом (15 см) при настанні фізичної стиглості ґрунту сівалкою СЗ-3,6, норма висіву – 3,5 млн. шт./ га. Залежно від особливостей року сівбу проводили в третій декаді березня – першій декаді квітня. Мінеральні добрива вносили в дозі $N_{30}P_{30}$.

Проведення дослідів супроводжувалось обліками та аналізами за загальноприйнятими методиками.

Результати досліджень. Важливим показником росту й розвитку рослин ячменю ярого є площа листкової поверхні, яка характеризує сформованість асимиляційного апарату та потенційні можливості посівів щодо накопичення органічної речовини. На величину площі листкової поверхні рослин впливають сортові особливості, умови вирощування, забезпеченість рослин елементами живлення, а також застосування біологічних препаратів. Особливе значення у наростанні зазначеного показника має поєднання передпосівної обробки насіння біопрепаратами та позакореневе підживлення посівів у період вегетації рослин ячменю ярого сучасними препаратами, що сприяє активізації ростових процесів і формуванню потужнішої листкової поверхні.

Нашими дослідженнями встановлено, що площа листкової поверхні рослин ячменю ярого істотно залежала від сортових особливостей та варіантів застосування передпосівної обробки насіння і проведення позакореневих підживлень посівів у період вегетації (табл. 1).

Результатами наших досліджень встановлено, що площа листкової поверхні рослин ячменю ярого змінювалася залежно від сорту, варіанту передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення посівів у період вегетації. Загалом упродовж вегетації спостерігалося її збільшення від фази кущіння до виходу рослин у трубку та колосіння, що відображає активне формування асиміляційного апарату рослин ячменю ярого.

Нашими дослідженнями встановлено, що у фазі кущіння площа листкової поверхні рослин ячменю ярого сорту Надійний становила 10,6–11,7 тис. м²/га, а у сорту Таманго – 11,4–13,5 тис. м²/га, що перевищило показники сорту Надійний на 0,8 – 1,8 тис. м²/га або на 7,0 – 13,3%. Отже, на початку вегетаційного періоду рослини сорту Таманго характеризувалися більшою площею листкової поверхні. Найвище наведене значення для цього сорту становило 13,5 тис. м²/га за передпосівної обробки насіння препаратом МікоФренд. Дещо менші показники площі листкової поверхні рослин ячменю ярого за даного варіанту відмічено за вирощування сорту Надійний – 11,7 тис. м²/га.

У фазі виходу рослин у трубку площа листкової поверхні рослин ячменю ярого суттєво зростала в обох досліджуваних сортів. У середньому по варіантам досліду площа листкової поверхні рослин сорту Надійний зросла на 18,7 тис. м²/га або на 62,5%, а у сорту Таманго – на 18,1 тис. м²/га або на 56,0% порівняно із фазою кущіння.

У сорту Надійний у фазі виходу рослин у трубку площа листкової поверхні змінювалася від 25,4 тис. м²/га на контрольному варіанті досліду до 34,0 тис. м²/га за передпосівної обробки насіння препаратом МікоФренд і позакореневого підживлення посівів двічі у період вегетації препаратом HELPROST® Універсальний. У сорту Таманго відповідні значення становили 26,3 та 34,5 тис. м²/га. Слід відмітити, що застосування для передпосівної обробки насіння біопрепарату Фітоцид-р у поєднання з позакореневими підживленнями рослин ячменю ярого у період вегетації препаратом HELPROST® Універсальний також позитивно позначилося на наростанню площі листкової поверхні рослин обох досліджуваних сортів порівняно до контрольного варіанту досліду. Так, за вирощування сорту Надійний площа листкової поверхні рослин ячменю ярого за даного варіанту досліду збільшилася на 23,3%, а за вирощування сорту Таманго – на 22,4%. Це свідчить про позитивну реакцію рослин обох досліджуваних сортів на поєднання передпосівної обробки насіння біопрепаратами і позакореневого підживлення посівів

Таблиця 1

Вплив передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень на площу листкової поверхні рослин ячменю ярого, тис. м²/га (середнє за 2023 – 2025 рр.)

Сорт (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Позакореневе підживлення посівів (фактор С)		
		Обробка водою	HELPROST® Універсальний	ГуміФренд
Кущіння				
Надійний	Контроль (без обробки)	10,6		
	Фітоцид-р	11,3		
	МікоФренд	11,7		
Таманго	Контроль (без обробки)	11,4		
	Фітоцид-р	12,9		
	МікоФренд	13,5		
Вихід рослин у трубку				
Надійний	Контроль (без обробки)	25,4	27,9	27,1
	Фітоцид-р	28,8	33,1	30,8
	МікоФренд	29,5	34,0	32,1
Таманго	Контроль (без обробки)	26,3	29,6	28,1
	Фітоцид-р	29,5	33,9	30,4
	МікоФренд	31,0	34,5	32,6
Колосіння				
Надійний	Контроль (без обробки)	27,3	30,1	29,4
	Фітоцид-р	32,9	37,5	36,2
	МікоФренд	33,4	39,2	37,7
Таманго	Контроль (без обробки)	28,4	32,5	30,9
	Фітоцид-р	33,9	38,9	37,0
	МікоФренд	35,1	40,1	38,6

у період вегетації, особливо препаратом HELPROST® Універсальний.

У середньому за роки досліджень, у фазі колосіння формувалися найбільші значення площі листкової поверхні рослин ячменю ярого. У сорту Надійний показник становив 27,3 тис. м²/га на контролі та досягав 39,2 тис. м²/га за обробки насіння препаратом МікоФренд і позакореневого підживлення посівів у період вегетації препаратом HELPROST® Універсальний. У сорту Таманго ці значення становили відповідно 28,4 і 40,1 тис. м²/га.

Нашими дослідженнями визначено, що незалежно від варіанту застосування біопрепаратів, у всі фази росту і розвитку дещо більшу площу листкової поверхні формували рослини сорту Таманго – 12,6 тис. м²/га у фазі кущіння, 30,7 тис. м²/га – у фазі виходу рослин у трубку та 35,0 тис. м²/га у фазі колосіння, що перевищило показники сорту Надійний на 0,8 – 1,4 тис. м²/га або на 2,6 – 11,1%.

Слід відмітити, що у всі роки досліджень і в середньому за досліджуваними сортами ячменю ярого, найбільшою площа листкової поверхні рослин, незалежно від фази росту і розвитку, характеризувалася за використання для передпосівної обробки насіння біопрепаратом МікоФренд і позакореневого підживлення посівів у період вегетації препаратом HELPROST® Універсальний. Так, у фазі виходу рослин у трубку площа листкової поверхні рослин ячменю ярого була більшою на 8,4 тис. м²/га або на 24,5% порівняно до контролю, а у фазі колосіння – на 11,8 тис. м²/га або на 29,8%.

Застосування біопрепарату ГуміФренд для позакореневого підживлення посівів ячменю ярого також сприяло збільшенню площі листкової поверхні рослин у всі фази росту і розвитку порівняно з контролем, особливо за використання передпосівної обробки насіння МікоФрендом, хоча значення були нижчими, ніж за використання HELPROST® Універсальний.

Отже, результати досліджень за 2023–2025 рр. свідчать, що площа листкової поверхні ячменю ярого визначалася як сортовими особливостями, так і застосованими біопрепаратів. Найсприятливішим серед наведених варіантів було поєднання передпосівної обробки насіння препаратом МікоФренд із позакореневим підживленням посівів ячменю ярого двічі за вегетації препаратом HELPROST® Універсальний. Така комбінація забезпечувала найбільшу площу листкової поверхні рослин обох досліджуваних сортів ячменю ярого у всі фази росту і розвитку.

Одним із важливих інтегральних показників фотосинтетичної діяльності посівів сільськогосподарських культур, в т.ч. і ячменю ярого, який характеризує сумарну роботу асиміляційного апарату упродовж певного періоду вегетації, є фотосинтетичний потенціал. Він залежить не лише від площі листкової поверхні, а й від тривалості її функціонування, динаміки формування листків та збереження їх фотосинтетичної активності. Тому оцінювання цього показника дає змогу глибше охарактеризувати вплив елементів технології вирощування на формування продуктивності рослин. Наростання асиміляційної поверхні рослин та формування фотосинтетичного потенціалу посівів ячменю ярого в умовах Степу України залежить від сортових особливостей та особливостей живлення [2, 10]. Важливим напрямом удосконалення технології вирощування ячменю ярого є поєднання передпосівної іннокуляції насіння та позакореневого підживлення посівів у період вегетації сучасними біопрепаратами. Їх застосування позитивно впливає на початковий ріст і розвиток рослин, інтенсивність формування листкового апарату та тривалість його функціонування. Водночас результативність їх застосування необхідно оцінювати з урахуванням генетичних особливостей сорту та конкретного міжфазного періоду.

Нашими дослідженнями встановлено, що застосування біологічних препаратів позитивно позначилося на формування фотосинтетичного потенціалу посівів ячменю ярого досліджуваних сортів у всі фази росту і розвитку (табл. 2).

Нашими дослідженнями встановлено, що у середньому за роки досліджень, фотосинтетичний потенціал посівів ячменю ярого змінювався залежно від усіх досліджуваних факторів: сорту, передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення посівів у період вегетації. Встановлено позитивну реакцію рослин ячменю ярого на застосування біопрепаратів, при цьому найвищі значення отримано за поєднання обробки насіння препаратом МікоФренд із позакореневим підживленням HELPROST® Універсальний.

Нашими дослідженнями визначено, що фотосинтетичний потенціал посівів змінювався залежно від міжфазного періоду. Так, у період кущіння – вихід рослин у трубку фотосинтетичний потенціал посівів ячменю ярого сорту Надійний змінювався від 0,32 до 0,48 млн м²/га × діб, а сорту Таманго – від 0,35 до 0,50 млн м²/га × діб. У міжфазний період вихід рослин у трубку – колосіння показники фотосинтетичного потенціалу посівів були дещо меншими – відповідно 0,30–0,46 та 0,33–0,49 млн м²/га × діб. Це може бути пов'язано зі зміною площі функціонально активної листкової поверхні рослин ячменю ярого та тривалості її роботи впродовж розвитку рослин.

У середньому за роки досліджень, дещо вищий фотосинтетичний потенціал посівів відмічено за вирощування сорту Таманго, незалежно від варіанту передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення рослин у період вегетації. У міжфазний період кущіння – вихід рослин у трубку на контролі, за обробки посівів водою, фотосинтетичний потенціал становив 0,32 млн м²/га × діб у сорту Надійний і 0,35 млн м²/га × діб у сорту Таманго. За передпосівної обробки насіння МікоФрендом і позакореневого підживлення HELPROST® Універсальний показники збільшувалися відповідно до 0,48 і 0,50 млн м²/га × діб. У міжфазний період вихід рослин у трубку – колосіння за цього самого поєднання технологічних заходів значення становили 0,46 млн м²/га × діб у сорту Надійний та 0,49 млн м²/га × діб у сорту Таманго.

Таблиця 2

Фотосинтетичний потенціал посівів ячменю ярого залежно від сортових особливостей, передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень, млн. м²/га х діб (середнє за 2023 – 2025 рр.)

Сорт (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Позакореневе підживлення посівів (фактор С)		
		Обробка водою	HELPROST® Універсальний	ГуміФренд
Кущіння – вихід рослин у трубку				
Надійний	Контроль (без обробки)	0,32	0,38	0,34
	Фітоцид-р	0,36	0,45	0,39
	МікоФренд	0,41	0,48	0,45
Таманго	Контроль (без обробки)	0,35	0,40	0,37
	Фітоцид-р	0,39	0,46	0,42
	МікоФренд	0,43	0,50	0,47
Вихід рослин у трубку – колосіння				
Надійний	Контроль (без обробки)	0,30	0,36	0,33
	Фітоцид-р	0,33	0,42	0,37
	МікоФренд	0,39	0,46	0,42
Таманго	Контроль (без обробки)	0,33	0,38	0,35
	Фітоцид-р	0,38	0,44	0,41
	МікоФренд	0,40	0,49	0,44

Встановлено, що у середньому за роки досліджень, передпосівна обробка насіння ячменю ярого препаратами Фітоцид-р і МікоФренд сприяла підвищенню фотосинтетичного потенціалу порівняно з контролем. При цьому, ефективність біопрепаратів визначалася сортовими особливостями культури та варіантом позакореневого підживлення посівів. Так, у міжфазний період кущіння – вихід рослин у трубку за позакореневого підживлення посівів препаратом HELPROST® Універсальний фотосинтетичний потенціал сорту Надійний збільшувався порівняно до контролю на 15,6% за обробки насіння біопрепаратом Фітоцид-р і на 20,8% – за обробки МікоФрендом. У сорту Таманго застосування передпосівної обробки насіння біопрепаратми забезпечило зростання фотосинтетичного потенціалу посівів на 13,0 – 20,0% залежно від біопрепарату.

Подібна закономірність спостерігалася і у міжфазний період вихід рослин у трубку – колосіння. За використання для позакореневого підживлення посівів препарату HELPROST® Універсальний фотосинтетичний потенціал посівів сорту Надійний становив 0,36 млн м²/га × діб на контролі, 0,42 – за обробки насіння біопрепаратом Фітоцид-р і 0,46 – за обробки МікоФрендом. У сорту Таманго він дорівнював відповідно 0,38; 0,44 і 0,49 млн м²/га × діб.

Отже, у середньому за роки досліджень, серед досліджуваних варіантів передпосівної обробки насіння біопрепарат МікоФренд забезпечував найвищі значення фотосинтетичного потенціалу досліджуваних сортів ячменю ярого у всі міжфазні періоди. Передпосівна обробка насіння біопрепаратом Фітоцид-р також позитивно впливала на досліджуваний показник фотосинтетичної діяльності посівів, однак його значення були дещо нижчими порівняно з варіантом використання біопрепарату МікоФренд.

Нашими дослідженнями встановлено, що позакореневе підживлення посівів ячменю ярого двічі за період вегетації також помітно впливало на фотосинтетичний потенціал. У середньому за роки досліджень та по варіантам передпосівної обробки насіння, найвищі показники отримано за використання препарату HELPROST® Універсальний, тоді як ГуміФренд забезпечував проміжні значення між підживленням водою та HELPROST® Універсальний. Так, у сорту ячменю ярого Надійний за передпосівної обробки насіння МікоФрендом у міжфазний період кущіння – вихід рослин у трубку фотосинтетичний потенціал становив 0,41 млн м²/га × діб за обробки посівів у період вегетації лише водою, 0,48 – за використання препарату HELPROST® Універсальний та 0,45 – за використання ГуміФренду. У сорту Таманго за тієї самої передпосівної обробки значення становили відповідно 0,43; 0,50 і 0,47 млн м²/га × діб. Така ж залежність спостерігалася і у міжфазний період «вихід рослин у трубку – колосіння. Таким чином, застосування для позакореневого підживлення посівів двічі за вегетацію препарату HELPROST® Універсальний забезпечило найкраще функціонування фотосинтетичного апарату рослин ячменю ярого і сприяло формуванню найвищих значень фотосинтетичного потенціалу посівів.

Нашими дослідженнями встановлено, що у середньому за роки досліджень, найвище значення фотосинтетичного потенціалу посівів (0,50 млн м²/га × діб) визначено у міжфазний період кущіння – вихід рослин у трубку за вирощування сорту Таманго, передпосівної інокуляції насіння біопрепаратом МікоФрендом і проведення двічі позакореневого підживлення посівів препаратом HELPROST® Універсальний. У наступному міжфазному періоді за тієї самої комбінації факторів максимальне значення для сорту Таманго становило 0,49 млн м²/га × діб, а для сорту Надійний – 0,46 млн м²/га × діб.

Важливим фізіологічним показником, що характеризує інтенсивність накопичення сухої речовини рослинами в розрахунку на одиницю площі листкової поверхні за одиницю часу є чиста продуктивність фотосинтезу. Вона відображає ефективність використання асимиляційного апарату для формування органічної речовини та залежить від площі й тривалості функціонування листкового апарату рослин, забезпеченості їх елементами живлення, водного режиму, температурних умов, біологічних особливостей сорту та технології вирощування культури [4, 5, 11].

Фотосинтетичну діяльність посівів оцінюють за комплексом показників, в т. ч. і чистою продуктивністю фотосинтезу, що дає змогу охарактеризувати як розвиток асиміляційного апарату, так і ефективність його функціонування у різні періоди росту і розвитку сільськогосподарських культур. Зокрема, у дослідженнях фотосинтетичної активності посівів ячменю ярого в умовах Південного Степу України важливого значення набувають визначення впливу сортових особливостей і системи живлення на формування фотосинтетичного апарату та чисту продуктивність посівів.

Нашими дослідженнями визначено, що чиста продуктивність фотосинтезу посівів ячменю ярого змінювалася залежно від міжфазного періоду, сортових особливостей, варіанту передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення посівів ячменю ярого в період вегетації (табл. 3).

У міжфазний період кущіння – вихід рослин у трубку показники чистої продуктивності фотосинтезу були нижчими й становили 3,46 – 7,54 г/м² за добу в сорту Надійний та 3,59 – 7,66 г/м² за добу в сорту Таманго. У міжфазний період вихід рослин у трубку – колосіння чиста продуктивність посівів зросла до 11,06 – 14,69 і 11,30 – 15,30 г/м² за добу відповідно. Отже, можна стверджувати, що чиста продуктивність фотосинтезу була вищою у період інтенсивного росту стебла та формування колоса ячменю ярого, що свідчить про зміну інтенсивності накопичення сухої речовини упродовж вегетації культури.

У середньому за роки досліджень, сумісне використання передпосівної обробки насіння біопрепаратом МікоФрендом та позакореневого підживлення посівів ячменю ярого препаратом HELPROST® Універсальний забезпечувало найвищі значення чистої продуктивності фотосинтезу в обох досліджуваних сортів. У міжфазний період кущіння – вихід рослин у трубку максимальне значення чистої продуктивності фотосинтезу визначено у сорту Надійний 7,54 г/м² за добу, а у сорту Таманго – 7,66 г/м² за добу. Порівняно з контрольним варіантом без

Таблиця 3

Чиста продуктивність посівів ячменю ярого залежно від сортових особливостей, передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень, г/м² за добу (середнє за 2023 – 2025 рр.)

Сорт (фактор А)	Передпосівна обробка насіння (фактор В)	Позакореневе підживлення посівів (фактор С)		
		Обробка водою	HELPROST® Універсальний	ГуміФренд
Кущіння – вихід рослин у трубку				
Надійний	Контроль (без обробки)	3,46	5,81	4,75
	Фітоцид-р	3,51	7,20	6,54
	МікоФренд	3,55	7,54	7,21
Таманго	Контроль (без обробки)	3,59	5,94	4,81
	Фітоцид-р	3,64	7,35	7,12
	МікоФренд	3,67	7,66	7,50
Вихід рослин у трубку – колосіння				
Надійний	Контроль (без обробки)	11,06	13,81	13,41
	Фітоцид-р	12,21	14,50	14,36
	МікоФренд	12,95	14,69	14,58
Таманго	Контроль (без обробки)	11,30	14,45	14,10
	Фітоцид-р	12,28	15,23	14,52
	МікоФренд	13,00	15,30	14,65

обробки насіння та з обробкою посівів водою це більше відповідно на 4,08 г/м² за добу або на 54,1 %, та 4,07 г/м² за добу або на 53,1%.

У міжфазний період вихід рослин у трубку – колосіння за тієї самої комбінації препаратів показники досягали 14,69 г/м² за добу в сорту Надійний і 15,30 г/м² за добу в сорту Таманго. Порівняно з контрольним варіантом досліду перевищення склало відповідно 3,63 г/м² за добу або 24,7 % і 4,00 г/м² за добу або 26,1%.

Незалежно від міжфазного періоду, дещо вищі показники чистої продуктивності фотосинтезу формували посіви сорту Таманго. Так, у середньому за роки досліджень і по варіантам передпосівної обробки насіння і позакореневого підживлення, чиста продуктивність посівів зазначеного сорту склала у міжфазний період кущіння – вихід рослин у трубку 5,70 г/м² за добу, а у міжфазний період вихід рослин у трубку – колосіння – 13,87 г/м² за добу, що перевищило показники по сорту Надійний на 0,19 – 0,36 г/м² за добу або на 2,6 – 3,3%.

Висновки. В умовах Південного Степу України фотосинтетична діяльність посівів ячменю ярого істотно залежить від сортових особливостей, передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення рослин. Упродовж вегетації площа листкової поверхні закономірно збільшувалася від фази кущіння до колосіння, а найвищих значень досягала за поєднання передпосівної обробки насіння препаратом МікоФренд із дворазовим позакореневим підживленням препаратом HELPROST® Універсальний. За цього варіанта площа листкової поверхні у фазі колосіння становила 39,2 тис. м²/га у сорту Надійний та 40,1 тис. м²/га у сорту Таманго, перевищуючи контроль відповідно на 11,8 тис. м²/га, або 29,8%.

Найвищі показники фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності посівів, у середньому за 2023 – 2025 рр., забезпечило сумісне використання препарату МікоФренд для передпосівної інокуляції насіння та HELPROST®Універсальний для позакореневого підживлення у період вегетації рослин за вирощування сорту Таманго.

Сумісне застосування препаратів МікоФренд і HELPROST® Універсальний забезпечувало найефективніше функціонування фотосинтетичного апарату рослин ячменю ярого у всі фази росту і розвитку рослин, що свідчить про доцільність його використання за вирощування культури в умовах Південного Степу України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Господаренко Г. М., Любич В. В., Невлад В. І., Гавриленко В. С. Фотосинтезуюча система рослин ячменю ярого голозерного залежно від систем удобрення. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2024. Вип. 105(1). С. 294-312. https://doi.org/10.32782/2415-8240-2024-105-1-294-312
2. Masliiov S., Korzhova N. Photosynthetic potential of spring barley plants in the steppe zone. *Scientific Horizons*. 2021. 24(2). P. 62–68. https://doi.org/10.48077/scihor.24(2).2021.62-68.
3. Horobets M., Chaika T., Korotkova I., Pysarenko P., Mishchenko O., Shevnikov M., Lotysh I. Influence of growth stimulants on photosynthetic activity of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) crops. *International Journal of Botany Studies*. 2021. Vol. 6(2). P. 340 – 345.
4. Гамаюнова В. В., Кувшинова А. О. Фотосинтетична діяльність ячменю озимого залежно від особливостей сорту та біопрепаратів. *Аграрні інновації*. 2023.

№ 18. С. 156–162. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.21.
5. Березовський А. А. Чиста продуктивність фотосинтезу ячменю ярого голозерного за дії біологічних препаратів. *Вісник Уманського національного університету*. 2025. № 2. С. 5–9. https://doi.org/10.32782/2310-0478-2025-2-5-9.
6. Безноско І. В., Горган Т. М., Мосійчук І. І., Біленька О. М. Вплив препаратів на фотосинтетичну діяльність рослин ячменю ярого (*Hordeum vulgare* L.) пивоварного напряму та якісні показники зерна. *Агроекологічний журнал*. 2024. № 1. С. 133-142. https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2024.299948
7. Ferioun M., Zouitane I., Bouhraoua S., Elouattassi Y., Belahcen D., Errabbani A., Louahlia S., Sayyed R., El Ghachtouli N. Applying microbial biostimulants and drought-tolerant genotypes to enhance barley growth and yield under drought stress. *Frontiers in Plant Science*. 2025. Vol. 15. 1494987. https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1494987.
8. Kindtler N. L., Sheikh S., Richardy J., Krogh E., Maccario L., Vestergård M., da Fonseca R. R., Ekelund F., Laursen K. H. Fertilizer regime and cultivar affect barley growth and rhizobiome composition. *Applied Soil Ecology*. 2024. Vol. 198. 105384. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2024.105384.
9. Nowak R., Szczepanek M., Kobus-Cisowska J., Stuper-Szablewska K., Graczyk R., Błaszczyk K**.** Relationships Between Photosynthetic Efficiency and Grain Antioxidant Content of Barley Genotypes Under Increasing Nitrogen Rates. *Agriculture*. 2024. Vol. 14(11). 1913. https://doi.org/10.3390/agriculture14111913.
10. Короткова І. В., Горобець М. В., Чайка Т. О. Вплив стимуляторів росту на продуктивність сортів ячменю ярого. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, 2021, № 2, С. 20-30. https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.02
11. Romaniuk V. Photosynthetic productivity of summer barley in conditions of Forest-steppe Right-bank. *Journal of Agricultural Science*. 2019. Т. 97, № 3. С. 76 – 81. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201903-12

REFERENCES:

1. Hospodarenko, H. M., Liubych, V. V., Nevlad, V. I., & Havrylenko, V. S. (2024). Fotosyntezuiucha systema roslyn yachmeniu yaroho holozernoho zalezhno vid system udobrennia [Photosynthetic system of spring barley plants depending on the fertilization system]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho NUS*, Vyp. 105(1). P. 294-312. https://doi.org/10.32782/2415-8240-2024-105-1-294-312 [in Ukrainian].
2. Masliiov, S., & Korzhova, N. (2021). Photosynthetic potential of spring barley plants in the steppe zone. *Scientific Horizons*, 24(2), 62-68. https://doi.org/10.48077/scihor.24(2).2021.62-68.
3. Horobets, M., Chaika, T., Korotkova, I., Pysarenko, P., Mishchenko, O., Shevnikov, M., & Lotysh, I. (2021). Influence of growth stimulants on photosynthetic activity of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) crops. *International Journal of Botany Studies*, Vol. 6(2), P. 340 – 345.
4. Hamaiunova, V. V., & Kuvshynova, A. O. (2023). Fotosyntetychna diialnist yachmeniu ozymoho zalezhno vid osoblyvostei sortu ta biopreparativ. [Photosynthetic activity of winter barley depending on the characteristics of the variety and biological products]. *Ahrarni innovatsii*, № 18, P. 156–162. https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.21 [in Ukrainian].
5. Berezovskyi, A. A. (2025). Chysta produktyvnist fotosyntezu yachmeniu yaroho holozernoho za dii biolohichnykh preparativ [Net photosynthetic productivity of spring barley under the action of biological preparations]. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu*, № 2, P. 5–9. https://doi.org/10.32782/2310-0478-2025-2-5-9 [in Ukrainian].
6. Beznosko, I. V., Horhan, T. M., Mosiichuk, I. I., & Bilenka, O. M. (2024). Vplyv preparativ na fotosyntetychnu diialnist roslyn yachmeniu yaroho (Hordeum vulgare L.) pyvovarnoho napriamu ta yakisni pokaznyky zerna [Influence of preparations on photosynthetic activity of brewing barley (*Hordeum vulgare* L.) plants and quality indicators of grain]. *Ahroekolohichnyi zhurnal*, № 1, P. 133-142. https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2024.299948 [in Ukrainian].
7. Ferioun, M., Zouitane, I., Bouhraoua, S., Elouattassi, Y., Belahcen. D., Errabbani, A., Louahlia, S., Sayyed, R., & El Ghachtouli, N. **(2025).** Applying microbial biostimulants and drought-tolerant genotypes to enhance barley growth and yield under drought stress. *Frontiers in Plant Science*, Vol. 15, 1494987. https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1494987.
8. Kindtler, N. L., Sheikh, S., Richardy, J., Krogh, E., Maccario, L., Vestergård, M., da Fonseca, R. R., Ekelund, F., & Laursen, K. H. (2024). Fertilizer regime and cultivar affect barley growth and rhizobiome composition. *Applied Soil Ecology*, Vol. 198, 105384. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2024.105384.
9. Nowak, R., Szczepanek, M., Kobus-Cisowska, J., Stuper-Szablewska, K., Graczyk, R., & Błaszczyk, K. (2024). Relationships Between Photosynthetic Efficiency and Grain Antioxidant Content of Barley Genotypes Under Increasing Nitrogen Rates. *Agriculture*, Vol. 14(11), 1913. https://doi.org/10.3390/agriculture14111913.
10. Korotkova, I. V., Horobets, M. V., & Chaika, T. O. (2021). Vplyv stymuliatoriv rostu na produktyvnist sortiv yachmeniu yaroho [Influence of growth stimulants on productivity of spring barley varieties]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, № 2, P. 20-30. https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.02 [in Ukrainian].
11. Romaniuk, V. (2019). Photosynthetic productivity of summer barley in conditions of Forest-steppe Right-bank. *Journal of Agricultural Science*, Т. 97, № 3, P. 76 – 81. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201903-12

Добровольський А.В., Гончаренко Є.В. Фотосинтетична діяльність посівів ячменю ярого залежно від оптимізації живлення та сортових особливостей в умовах Південного Степу України

Мета. Визначити вплив сортових особливостей, передпосівної інокуляції насіння та позакореневих підживлень рослин у період вегетації на фотосинтетичну діяльність посівів ячменю ярого в умовах Південного Степу України. **Методи.** Польові дослідження проводили у 2023 – 2025 рр. в умовах Навчально-науково-практичного центру Миколаївського національного аграрного університету. **Результати досліджень.** Встановлено закономірності формування площі листкової поверхні, фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу в різні міжфазні періоди росту і розвитку рослин ячменю ярого.

Визначено, що сорт Таманго характеризувався вищими показниками фотосинтетичної діяльності посівів порівняно із сортом Надійний. Незалежно від варіанту застосування біопрепаратів, у всі фази росту і розвитку дещо більшу площу листкової поверхні формували рослини сорту Таманго – 12,6 тис. м²/га у фазі кущіння, 30,7 тис. м²/га – у фазі виходу рослин у трубку та 35,0 тис. м²/га у фазі колосіння, що перевищило показники сорту Надійний на 0,8 – 1,4 тис. м²/га або на 2,6 – 11,1%. Найефективнішим у формуванні фотосинтетичної діяльності посівів ячменю ярого визначено поєднання передпосівної обробки насіння препаратом МікоФренд із дворазовим позакореневим підживленням препаратом HELPROST® Універсальний. За цього варіанту площа листкової поверхні у фазі колосіння становила 39,2–40,1 тис. м²/га, фотосинтетичний потенціал у міжфазний період кущіння – вихід у трубку досягав 0,48–0,50 млн м²/га × діб, а чиста продуктивність фотосинтезу в період вихід у трубку – колосіння становила 14,69–15,30 г/м² за добу. Отримані результати підтверджують ефективність поєднання передпосівної обробки насіння біопрепаратом МікоФренд та позакореневого підживлення HELPROST® Універсальний для поліпшення фотосинтетичної діяльності посівів ячменю ярого сорту Таманго. **Висновки.** Найефективнішим елементом технології вирощування ячменю ярого в умовах Південного Степу України є комплексне застосування препарату МікоФренд для передпосівної інокуляції насіння та HELPROST®Універсальний для позакореневого підживлення посівів у період вегетації. Такий агротехнологічний прийом забезпечує максимальну реалізацію фотосинтетичної діяльності посівів у період вегетації рослин ячменю ярого.

Ключові слова: ячмінь ярий, сорт, біопрепарати, площа листкової поверхні, фотосинтетичний потенціал, чиста продуктивність фотосинтезу.

Dobrovolskyi A.V., Honcharenko Ye.V. Photosynthetic Activity of Spring Barley Crops Depending on Nutrient Optimization and Varietal Characteristics under the Conditions of the Southern Steppe of Ukraine

Objective. To determine the effect of varietal characteristics, pre-sowing seed inoculation, and foliar fertilization during the growing season on the photosynthetic activity of spring barley crops under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. **Methods.** Field studies were conducted in 2023–2025 at the Educational, Scientific and Practical Center of Mykolaiv National Agrarian University. **Results.** The patterns of leaf area formation, photosynthetic potential, and net photosynthetic productivity during different interphase periods of spring barley plant growth and development were established. It was determined that the Tamango cultivar was characterized by higher indicators of crop photosynthetic activity compared with the Nadiinyi cultivar. Regardless of the biopreparation treatment, plants of the Tamango cultivar formed a slightly larger leaf area at all growth and development stages, reaching 12.6 thousand m²/ha at tillering, 30.7 thousand m²/ha at stem elongation, and 35.0 thousand m²/ha at heading. These values exceeded those of the Nadiinyi cultivar by 0.8–1.4 thousand m²/ha, or by 2.6–11.1%. The most effective treatment for improving the photosynthetic activity of spring barley crops was the combination of pre-sowing seed treatment with the biopreparation MycoFriend and two foliar applications of HELPROST® Universal. Under this treatment, the leaf area at heading reached 39.2–40.1 thousand m²/ha, the photosynthetic potential during the tillering–stem elongation period reached 0.48–0.50 million m²/ha × days, while net photosynthetic productivity during the stem elongation–heading period was 14.69–15.30 g/m² per day. The results obtained confirm the effectiveness of combining pre-sowing seed treatment with the biopreparation MycoFriend and foliar application of HELPROST® Universal for improving the photosynthetic activity of spring barley crops, particularly in the Tamango cultivar. **Conclusions.** The most effective element of the spring barley cultivation technology under the conditions of the Southern Steppe of Ukraine is the integrated application of MycoFriend for pre-sowing seed inoculation and HELPROST® Universal for foliar fertilization of crops during the growing season. This agronomic practice ensures the maximum realization of the photosynthetic activity of spring barley crops throughout the growing season.

Key words: spring barley, cultivar, biopreparations, leaf area, photosynthetic potential, net photosynthetic productivity.

Дата першого надходження статті до видання: 02.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 635.21:631.527.5
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.29

СЕЛЕКЦІЙНА ЦІННІСТЬ БЕККРОСНОГО ПОТОМСТВА БАГАТОВИДОВИХ ГІБРИДІВ КАРТОПЛІ ЗА ОСНОВНИМИ АГРОНОМІЧНИМИ ОЗНАКАМИ

КОВАЛЬ В.С. – завідувач лабораторії генетичних ресурсів
orcid.org/0000-0002-2721-2463
Інститут картоплярства Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Картопля (*Solanum tuberosum L.*) характеризується складною генетичною організацією та високою гетерозиготністю. Залучення до схрещувань обмеженого кола споріднених форм звужує спадкову основу селекційних програм і зменшує ймовірність одержання нових поєднань господарсько цінних ознак. Водночас потенціал *Petota* реалізовано лише частково, що зумовлює необхідність ширшого використання диких і культурних видів, місцевих сортів та похідних міжвидової гібридизації [1].

Використання міжвидових гібридів ускладнюють репродуктивні бар'єри та успадкування небажаних ознак диких форм. Тому інтрогресія потребує послідовного схрещування й добору для збереження донорських алелів і відновлення господарських характеристик культурної картоплі [2].

Дієвим методом розв'язання цього завдання є бекросування міжвидових гібридів із сортами або селекційними формами. Повторні схрещування з рекурентними компонентами дають змогу зменшити частку небажаного генетичного матеріалу донора. Однак результат залежить від рекомбінації, зчеплення генів і напряму добору, тому селекційну цінність беккросного потомства визначає не лише наявність донорської ознаки, а й її поєднання з урожайністю, товарністю, кількістю та середньою масою бульб і вмістом крохмалю.

Мінливі умови Полісся України впливають на бульбоутворення, структуру врожаю та розвиток хвороб, тому селекційна цінність генотипу визначається здатністю поєднувати й стабільно реалізовувати комплекс ознак [3]. Багатобульбовість може супроводжуватися зменшенням маси бульб, великобульбовість – недостатньою їх кількістю, а висока врожайність – невисокою товарністю або крохмалистістю. Отже, комплексне оцінювання беккросного потомства необхідне для виділення форм із сприятливим поєднанням основних агрономічних показників.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Геномний аналіз 24 диких і 20 культурних зразків картоплі дав змогу D. Tang та співавторам ідентифікувати понад 561 тис. структурних варіантів, перспективних для пошуку алелів продуктивності, якості бульб та адаптивності [1].

Полігенну природу основних агрономічних ознак підтверджують результати E. M. Schönhals та співавторів, які локалізували близько 200 ділянок, пов'язаних з урожайністю, умістом і виходом крохмалю, та визначили 89 сприятливих алелів у 72 генах [4]. J. Pandey та співавтори встановили обернену кореляцію між кількістю і середньою масою бульб – r = –0,71, тоді як середня маса залежно від середовища змінювалася від 88,1 до 125,6 г [5]. За теплового стресу також знижувалися товарна врожайність і питома маса бульб та зростала частка фізіологічних дефектів [6].

За даними А. А. Подгаєцького та Л. В. Крючко, 20–25 % дуже пізніх міжвидових гібридів накопичували понад 22 % крохмалю [7]. Зокрема, серед оціненого матеріалу виділено беккрос 12.30/3, який поєднував стійкість проти кільцевої гнилі й дитиленхозу, посухостійкість на рівні 8 балів та врожайність 820 г/рослину [8].

Отже, попередні дослідження переважно охоплювали окремі ознаки або обмежені набори міжвидових гібридів та їх беккросів. Недостатньо вивченим залишається комплексний прояв ранньої й загальної продуктивності, товарності, кількості та середньої маси бульб і вмісту крохмалю у значній сукупності беккросних генотипів за мінливих умов Полісся України.

Мета. Оцінити селекційну цінність і мінливість беккросного потомства багатовидових гібридів картоплі за основними агрономічними ознаками та виділити перспективні генотипи для подальшої селекції.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили впродовж 2025 р. на дослідному полі Інституту картоплярства Національної академії аграрних наук України, розташованому в селищі Немішаєве Бучанського району Київської області. Територія проведення досліджень належить до зони південного Полісся України.

Ґрунт дослідної ділянки – дерново-середньопідзолистий супіщаний із глибиною орного шару 19–21 см. Уміст гумусу за Тюріним становив 1,32–2,68 %, рухомого фосфору за Кірсановим – 11,5–13,3 мг/100 г ґрунту, обмінного калію за Масловою – 8,0–8,9 мг/100 г ґрунту. Реакція ґрунтового розчину була кислою та слабокислою: pH сольової витяжки – 4,9–5,2. Гідролітична кислотність становила 2,2 мг-екв./100 г ґрунту, ступінь насичення основами – 46,3 %.

У травні спостерігалося надмірне зволоження, тоді як достатня кількість опадів у липні створювала сприятливі умови для розвитку фітофторозу. У серпні сформувався гострий дефіцит вологи, який обмежував подальше наростання маси бульб. Контрастне поєднання температури та вологозабезпечення дало змогу оцінити особливості прояву агрономічних ознак беккросного потомства за різних умов середовища.

© Коваль В.С., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Матеріалом дослідження були 308 генотипів беккросного потомства багатовидових гібридів картоплі. До порівняльного оцінювання залучали сорти-стандарти різних груп стиглості: ранні ‘Тирас’ і ‘Скарбниця’, середньоранній ‘Левада’, середньостиглий ‘Явір’ та середньопізній ‘Случ’.

Польові й лабораторні дослідження виконували відповідно до загальноприйнятої методики дослідної справи в картоплярстві [9]. Ранню продуктивність визначали на 65–70-й день після садіння за масою бульб із двох кущів. Під час основного збирання оцінювали врожайність, товарність, кількість і середню масу товарних бульб, а вміст крохмалю – за їх питомою масою на вагах ВЛК-500.

Результати досліджень. Реакція генотипів на умови вирощування істотно різнилася за інтенсивністю бульбоутворення та структурою врожаю. Водний і температурний стреси обмежували формування бульб, а підвищене фітопатогенне навантаження посилювало диференціацію матеріалу [10]. Тому раннє накопичення врожаю характеризувалося значною диференціацією беккросного потомства. На 65–70-й день після садіння продуктивність сортів-стандартів становила: ‘Тирас’ – 304,3 г/кущ, ‘Скарбниця’ – 325,6, ‘Левада’ – 350,8 г/кущ. Рівень найпродуктивнішого стандарту ‘Левада’ перевищили 48 генотипів, або 15,6 % дослідженого матеріалу, що свідчить про наявність у беккросному потомстві перспективних джерел раннього накопичення врожаю (табл. 1).

Високий прояв ранньої продуктивності встановлено в беккросів міжвидових гібридів Г17.2с12 (92.9с28 / Подолія), Г16.1с46 (10.6Г14 / Сантарка), Г17.22с13 (88.1450с^2 / Тирас), Г17.22с50 (88.1450с^2 / Тирас), Г18.11/41 (12.34с8 / Буян) і Г17.17с11 (10.5Г68 / Fausta). Їх перевага над сортом-стандартом ‘Левада’ становила 56,9–96,8 %, що підтверджує здатність виділених форм інтенсивно формувати врожай на початкових етапах вегетації. Такий матеріал становить інтерес для створення ранньостиглих сортів, здатних накопичувати основну частину врожаю до настання несприятливих літніх умов.

Диференціацію беккросів установлено також за середньою масою товарної бульби. У найкращого за цією ознакою стандарту ‘Левада’ вона становила 55,5 г, тоді як 22 генотипи перевищили цей показник. У гібридів 17.17с11 (10.5Г68 / Fausta), 16.2с17 (Papa Negra / 10.12с1), 17.22с12 (88.1450с^2 / Тирас), 16.1с46 (10.6Г14 / Сантарка), 17.2с12 (92.9с28 / Подолія) середня маса товарної бульби у виділених генотипів становила 66,7–81,3 г і перевищувала показник сорту-стандарту ‘Левада’ на 21,3–47,8 %. Товарність урожаю виділених форм під час пробного викопування змінювалася від 41,2 до 94,8 %, що вказує на необхідність урахування не лише раннього накопичення врожаю, а й структури та якості сформованих бульб.

Під час основного збирання врожаю, ліміти прояву продуктивності у сортів-стандартів були в межах від 490,6 г/кущ у сорту Случ до 568,9 г/кущ у сорту Явір. Серед беккросного потомства діапазон був значно ширшим – 178,6–1600,0 г/кущ, що засвідчило істотну неоднорідність матеріалу та можливість добору форм із високим потенціалом загальної врожайності (табл. 2).

Показник сорту-стандарту ‘Явір’ перевищили 133 генотипи, або 43,2 % дослідженого матеріалу. Урожайність понад 1000 г/кущ сформували 14 % беккросів, що підтверджує наявність у досліджуваній сукупності значної кількості форм із високим потенціалом продуктивності.

Серед найурожайніших генотипів виділено Г22.1с116 (08.195/73 /Г10.10с25) – 1600,0 г/кущ, Г21.4с^3 (Г10.19с25 / Білуга) – 1550,0, Г22.7с4 (Г15.7с15 / Янка) – 1516,7, Г21.15с1 (Г10.19с25 / Білуга) – 1450,0 та Г22.5с40 (Струмок / Г15.37с15) – 1383,3 г/кущ. Вони також характеризувалися високою товарністю врожаю – 94,0–98,9 %. Висока врожайність формувалася за різного співвідношення її структурних компонентів. У Г21.4с^3 (Г10.19с25 / Білуга) вона була зумовлена переважно великою середньою масою товарної бульби, тоді як Г22.7с4 (Г15.7с15 / Янка), Г21.15с1 (Г10.19с25 / Білуга) і Г22.5с40 (Струмок / Г15.37с15) реалізували продуктивний потенціал завдяки багатобульбовості. Генотип Г22.1с116 (08.195/73 / Г10.10с25) поєднував відносно велику середню масу товарної бульби з формуванням 15,0 бульб у кущі. Отже, однаковий рівень урожайності

Таблиця 1

Характеристика беккросів міжвидових гібридів за господарсько цінними ознаками на 65–70-й день після садіння, 2025 р.

Номер гібрида	Походження	Урожайність, г/кущ	Середня маса товарної бульби, г	Товарність, %
Г17.17с11	10.5Г68 / Fausta	550,5	66,7	90,9
Г17.22с13	88.1450с2 / Тирас	580,8	61,1	94,8
Г17.22с50	88.1450с2 / Тирас	575,0	66,7	87,0
Г16.1с46	10.6Г14 / Сантарка	636,1	68,8	91,2
Г17.2с12	92.9с28 / Подолія	690,4	81,3	94,2
Г18.11/41	12.34с8 / Буян	575,0	60,7	73,9
Г16.2с17	Papa Negra / 10.12с1	508,7	69,2	90,0
Г17.22с12	88.1450с2 / Тирас	504,2	69,2	90,0
Стандарт 1. Тирас		304,3	50,0	66,7
Стандарт 2. Скарбниця		325,6	52,3	84,6
Стандарт 3. Левада		350,8	55,5	64,3

Таблиця 2

Характеристика беккросів міжвидових гібридів за комплексом господарсько цінних ознак під час основного збирання врожаю у 2025 р.

Номер гібрида	Походження	Урожайність, г/кущ	Товарність, %	Кількість бульб, шт./кущ	Середня маса товарної бульби, г	Вміст крохмалю, %
Г22.1с116	08.195/73 / Г10.10с25	1600,0	97,9	15,0	123,7	15,7
Г22.5с39	Струмок / Г15.37с15	1283,3	93,5	20,3	83,7	18,7
Г22.5с40	Струмок / Г15.37с15	1383,3	94,0	21,0	81,3	17,7
Г22.7с4	Г15.7с15 / Янка	1516,7	94,5	22,7	82,7	17,2
Г21.1с32	08.195/73 / Bellarossa	1150,0	100,0	5,0	230,0	15,9
Г21.4с3	Г10.19с25 / Білуга	1550,0	98,9	10,0	164,3	26,0
Г21.15с1	Г10.19с25 / Білуга	1450,0	94,3	23,3	75,9	13,7
Г21.1с145	08.195/73 / Bellarossa	1075,0	96,7	8,5	140,0	12,9
Г21.15с33	Г10.19с25 / Білуга	1175,0	87,2	25,0	66,1	14,4
Г22.5с11	Струмок / Г15.37с15	1266,7	92,1	24,0	72,9	17,1
Г21.5с13	Джасія / 11.23/47	790,0	96,0	10,8	133,3	14,8
Г21.8с1	Межирічка / Батя	550,0	87,3	10,5	63,2	23,5
Г21.12с7	83.10/107 / 90.684/10	1100,0	93,9	13,3	114,8	18,7
Стандарт 1	Тирас	550,0	91,3	9,4	75,8	12,7
Стандарт 2	Скарбниця	507,2	93,4	8,7	74,9	15,4
Стандарт 3	Левада	567,2	86,9	11,9	78,6	14,4
Стандарт 4	Явір	568,9	91,6	9,4	82,2	17,3
Стандарт 5	Случ	490,6	89,5	9,2	69,2	14,2

беккросів міг забезпечуватися різними механізмами, що необхідно враховувати під час добору батьківських компонентів.

Модальним за середньою масою товарної бульби був клас 60,1–80,0 г, до якого належало 49 % генотипів. Частка форм із показником 80,1–100,0 г становила 23 %, а понад 100 г – 12 %. Решта 16 % матеріалу формувала товарні бульби із середньою масою до 60,0 г. До групи перспективних великобульбових форм увійшли Г21.1с32 (08.195/73 / Bellarossa), Г21.4с^3 (Г10.19с25 / Білуга), Г21.1с145 (08.195/73 / Bellarossa) і Г21.5с13 (Джасія / 11.23/47). Серед них Г21.4с^3 (Г10.19с25 / Білуга) поєднував середню масу товарної бульби 164,3 г із урожайністю 1550,0 г/кущ, товарністю 98,9 % та високим умістом крохмалю. Генотип Г22.1с116 (Г10.19с25 / Білуга) із середньою масою товарної бульби 123,7 г також становить інтерес як джерело поєднання великобульбовості та високої загальної врожайності (табл. 2). Переважання класу 60,1–80,0 г свідчить, що для більшої частини беккросного потомства характерна середня великобульбовість. Водночас наявність 12 % форм із показником понад 100 г створює можливості для добору матеріалу, придатного для формування високотоварного врожаю.

Найбільша частка генотипів – 46,0 % – формувала 10,1 –15,0 бульб у кущі. Менше ніж 10,1 бульби мали 34,5 % досліджених форм, 15,1–20,0 бульб – 10,0 %, а понад 20 бульб – 9,5 % матеріалу.

Найвищим проявом багатобульбовості характеризувалися Г21.15с33 (Г10.19с25 / Білуга), Г22.5с11 (Струмок / Г15.37с15), Г21.15с1 (Г10.19с25 / Білуга) і Г22.7с4 (Г15.7с15 / Янка). Генотип Г21.15с1 (Г10.19с25 / Білуга) формував у середньому 23,3 бульби у кущі, Г22.7с4 (Г15.7с15 / Янка) – 22,7, а Г22.5с40 (Струмок / Г15.37с15) – 21,0 бульбу. У Г22.5с39 (Струмок / Г15.37с15) кількість бульб становила 20,3 шт./кущ і поєднувалася з урожайністю 1283,3 г/кущ та вмістом крохмалю 18,7 % (табл. 2). Одержані результати підтверджують, що багатобульбовість не завжди супроводжується великою середньою масою бульби. Подібну негативну залежність між цими складовими врожайності встановлено під час оцінювання тетраплоїдних клонів картоплі [5]. Тому селекційно цінними є насамперед форми, у яких підвищена кількість бульб поєднується з достатньою їх масою та високою товарністю.

Беккросне потомство істотно різнилося за вмістом крохмалю. Модальним був клас 14,1–16,0 %, до якого належало 30,0 % генотипів. Уміст крохмалю 12,1–14,0 % мали 24,9 % форм, а 16,1–18,0 % – 25,4 %. Частка генотипів із показником понад 18,0 % становила 12,7 %, зокрема 2,8 % дослідженого матеріалу накопичували понад 20 % крохмалю.

Найвищий уміст крохмалю встановлено в генотипу Г21.4с^3 (Г10.19с25 / Білуга) – 26,0 %. Високим значенням ознаки характеризувався також Г21.8с1 (Межирічка / Батя) – 23,5 %. Генотипи Г22.5с39 (Струмок / Г15.37с15) і Г21.12с7 (83.10/107 / 90.684/10) накопичували по 18,7 % крохмалю, поєднуючи підвищену крохмалистість із урожайністю відповідно 1283,3 і 1100,0 г/кущ. Наявність форм із таким поєднанням має особливе значення, оскільки підвищення врожайності та вмісту крохмалю може бути ускладнене антагоністичними взаємозв'язками між цими ознаками (табл. 2).

Найбільш виражене поєднання господарсько цінних показників виявлено у Г21.4с^3 (Г10.19с25 / Білуга), який характеризувався врожайністю 1550,0 г/кущ, товарністю 98,9 %, середньою масою товарної бульби 164,3 г та вмістом крохмалю 26,0 %. Генотип Г22.1с116 (08.195/73 / Г10.10с25) поєднував урожайність 1600,0 г/кущ, товарність 97,9 % і середню масу товарної бульби 123,7 г. У Г22.7с4 (Г15.7с15 / Янка) висока врожайність – 1516,7 г/кущ – формувалася за поєднання 22,7 бульби у кущі, середньої маси товарної бульби 82,7 г і товарності 94,5 %.

До комплексно цінних також віднесено Г22.5с39 (Струмок / Г15.37с15), який поєднував урожайність 1283,3 г/кущ, 20,3 бульби у кущі та 18,7 % крохмалю, і Г21.12с7 (83.10/107 / 90.684/10) з урожайністю 1100,0 г/кущ, середньою масою товарної бульби 114,8 г та вмістом крохмалю 18,7 %. Виділені форми відрізнялися механізмами формування врожаю, тому можуть бути використані як взаємодоповнювальні компоненти схрещувань.

Найцінніші генотипи поєднували високу продуктивність із товарністю, великобульбовістю, багатобульбовістю або підвищеною крохмалистістю, що обґрунтовує доцільність їх подальшого випробування та залучення до селекційних програм.

Висновки. Беккросне потомство багатовидових гібридів характеризувалося широкою мінливістю досліджуваних ознак і різними моделями формування врожаю. В одних генотипів продуктивність забезпечувалася багатобульбовістю, в інших – збільшенням середньої маси бульби. Це підтверджує недоцільність добору лише за одним показником.

Порівняння із сортами-стандартами засвідчило наявність форм із високим потенціалом раннього накопичення та загальної врожайності. Водночас не всі продуктивні генотипи мали сприятливе співвідношення товарності, кількості й маси бульб та крохмалистості, тому пріоритетним є комплексний підхід до оцінювання матеріалу.

Найвищу селекційну цінність становить Г21.4с^3 (Г10.19с25 / Білуга), у якому поєдналися висока врожайність, товарність, великобульбовість і крохмалистість. Генотипи Г22.1с116 (08.195/73 / Г10.10с25), Г22.7с4 (Г15.7с15 / Янка), Г22.5с39 (Струмок / Г15.37с15) та Г21.12с7 (83.10/107 / 90.684/10) доповнюють групу перспективних форм різними варіантами збалансованого прояву агрономічних ознак. Їх доцільно використовувати як вихідний матеріал для створення продуктивних сортів із поліпшеними якісними характеристиками.

Подальше вивчення має бути спрямоване на перевірку стабільності виділених генотипів упродовж кількох років і в різних екологічних умовах, а також на оцінювання їхньої стійкості проти основних хвороб. Це дасть змогу визначити форми, придатні для безпосереднього залучення до селекційних програм.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Tang D., Jia Y., Zhang J., Li H., Cheng L., Wang P., Huang S. Genome evolution and diversity of wild and cultivated potatoes. *Nature*. 2022. Vol. 606, № 7914. P. 535-541. DOI: 10.1038/s41586-022-04822-x
2. Bradshaw J. E. A brief history of the impact of potato genetics on the breeding of tetraploid potato cultivars for tuber propagation. *Potato Research*. 2022. Vol. 65, № 3. P. 461-501. DOI: 10.1007/s11540-021-09517-w
3. Dahal K., Li X. Q., Tai H., Creelman A., Bizimungu B. Improving potato stress tolerance and tuber yield under a climate change scenario–a current overview. *Frontiers in plant science*. 2019. № 10. P. 563. DOI: 10.3389/fpls.2019.00563.
4. Schönhals E. M., Ding J., Ritter E., Paulo M. J., Cara N., Tacke E., Gebhardt C. (2017). Physical mapping of QTL for tuber yield, starch content and starch yield in tetraploid potato (Solanum tuberosum L.) by means of genome wide genotyping by sequencing and the 8.3 K SolCAP SNP array. *BMC genomics*. 2017. Vol. 18, № 1. P. 642. DOI: 10.1186/s12864-017-3979-9
5. Pandey J., Scheuring D. C., Koym J. W., Vales M. I. Genomic regions associated with tuber traits in tetraploid potatoes and identification of superior clones for breeding purposes. *Frontiers in Plant Science*. 2022. № *13*. 952263. DOI: 10.3389/fpls.2022.952263
6. Кравченко Н. В., Бондус Р. О., Скляр В. Г., Подгаєцький А. А., Дегтярьова М. С. Продуктивність міжвидових гібридів картоплі, їх беккросів залежно від умов випробування. *Наукові горизонти*. 2019. Т. 22, № 7. С. 22–28. DOI: 10.33249/2663-2144-2019-80-7-22-28
7. Подгаєцький А. А., Крючко Л. В. Перспективність для селекції різних за стиглістю міжвидових гібридів картоплі за вмістом та урожайністю крохмалю. *Селекція і насінництво*. 2015. Вип. 107. С. 89–97. DOI: 10.30835/2413-7510.2015.54040
8. Фурдига М. М. Оцінка вихідного селекційного матеріалу картоплі за стійкістю проти кільцевої гнилі та дитиленхозу. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2022. Т. 72, № 1. С. 91–104. DOI: 10.32636/01308521.2022-(72)-1-7
9. Картоплярство: методика дослідної справи / А. А. Бондарчук та ін.; за ред. А. А. Бондарчука, В. А. Колтунова. Вінниця: ТВОРИ, 2019. 651 с.
10. Кравченко Н. В., Гордієнко В. В., Подгаєцький А. А., Дегтярьова М. С., Гнітецький М. О. Вплив умов випробування складних міжвидових гібридів картоплі, їх беккросів на прояв середньої маси товарних бульб. *Селекція і насінництво*. 2019. Вип. 115. С. 51–59. DOI: 10.30835/2413-7510.2019.172779.

REFERENCES:

1. Tang, D., Jia, Y., Zhang, J., Li, H., Cheng, L., Wang, P., … & Huang, S. (2022). Genome evolution and diversity of wild and cultivated potatoes. *Nature*, *606*(7914), 535-541. DOI: 10.1038/s41586-022-04822-x
2. Bradshaw, J. E. (2022). A brief history of the impact of potato genetics on the breeding of tetraploid potato cultivars for tuber propagation. *Potato Research*, *65*(3), 461-501. DOI: 10.1007/s11540-021-09517-w
3. Dahal, K., Li, X. Q., Tai, H., Creelman, A., & Bizimungu, B. (2019). Improving potato stress tolerance and tuber yield under a climate change scenario–a current overview. *Frontiers in plant science*, *10*, 563. DOI: 10.3389/fpls.2019.00563.
4. Schönhals, E. M., Ding, J., Ritter, E., Paulo, M. J., Cara, N., Tacke, E., … & Gebhardt, C. (2017). Physical mapping of QTL for tuber yield, starch content and starch yield in tetraploid potato (Solanum tuberosum L.) by means of genome wide genotyping by sequencing and

the 8.3 K SolCAP SNP array. *BMC genomics*, *18*(1), 642. DOI: 10.1186/s12864-017-3979-9
5. Pandey, J., Scheuring, D. C., Koym, J. W., & Vales, M. I. (2022). Genomic regions associated with tuber traits in tetraploid potatoes and identification of superior clones for breeding purposes. *Frontiers in Plant Science*, *13*, 952263. DOI: 10.3389/fpls.2022.952263
6. Kravchenko, N. V., Bondus, R. O., Skliar, V. H., Podhaietskyi, A. A., & Dehtiarova, M. S. (2019). Produktyvnist mizhvydovykh hibrydiv kartopli, yikh bekkrosiv zalezhno vid umov vyprobuvannia [Productivity of interspecific potato hybrids and their backcrosses depending on testing conditions]. *Naukovi horyzonty, 22*(7), 22–28. DOI: 10.33249/2663-2144-2019-80-7-22-28 [in Ukrainian]
7. Podhaietskyi, A. A., & Kriuchko, L. V. (2015). Perspektyvnist dlia selektsii riznykh za styhlistiu mizhvydovykh hibrydiv kartopli za vmistom krokhmaliu i yoho vykhodom [Prospects for interspecific potato hybrids of different maturity groups in terms of starch content and yield]. *Selektsiia i nasinnytstvo, 107*, 88–97. DOI: 10.30835/2413-7510.2015.54040 [in Ukrainian].
8. Furdyha, M. M. (2022). Otsinka vykhidnoho selektsiinoho materialu za stiikistiu proty kiltsevoi hnyli ta dytylenkhozu [Evaluation of initial breeding material for resistance to ring rot and potato tuber nematode]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynnytstvo, 72*(1), 91–104. DOI: 10.32636/01308521.2022-(72)-1-7 [in Ukrainian].
9. Bondarchuk, A. A., & Koltunov, V. A. (Eds.). (2019). Kartopliarstvo: metodyka doslidnoi spravy [Potato growing: Research methodology]. Vinnytsya: TOV «TVORY», 651 [in Ukrainian].
10. Kravchenko, N. V., Hordiienko, V. V., Podhaietskyi, A. A., Dehtiarova, M. S., & Hnitetskyi, M. O. (2019). Vplyv umov vyprobuvannia skladnykh mizhvydovykh hibrydiv kartopli, yikh bekkrosiv na proiav serednoi masy tovarnykh bulb [Effects of testing conditions on the average weight of marketable tubers in complex interspecific potato hybrids and their backcrosses]. *Selektsiia i nasinnytstvo, 115*, 51–59. DOI: 10.30835/2413-7510.2019.172779 [in Ukrainian].

Коваль В.С. Селекційна цінність беккросного потомства багатовидових гібридів картоплі за основними агрономічними ознаками

Мета. Оцінити селекційну цінність і мінливість беккросного потомства багатовидових гібридів картоплі за основними агрономічними ознаками та виділити перспективні генотипи для подальшої селекції. **Методи.** Польові дослідження проводили в Інституті картоплярства НААН, розташованому в зоні південного Полісся України, упродовж 2025 р.Дослідний матеріал охоплював 308 генотипів беккросного потомства багатовидових гібридів. Сортами-стандартами різних груп стиглості були ‘Тирас’, ‘Скарбниця’, ‘Левада’, ‘Явір’ і ‘Случ’. Раннє накопичення врожаю визначали на 65–70-й деньпісля садіння за результатами пробного викопування двох кущів. Під час основного збирання оцінювали загальну врожайність, товарність, кількість бульб у кущі та середню масу товарної бульби. Уміст крохмалю визначали за питомою масою бульб на картопляних вагах ВЛК-500. **Результати.** Контрастні температурний і водний режими 2025 р. сприяли диференціації беккросного потомства за досліджуваними показниками. Рівень сорту ‘Левада’ за раннім накопиченням урожаю перевищили 48 генотипів. Найвищі значення встановлено у Г17.2с12 (92.9с28 / Подолія) – 690,4 г/кущ і Г16.1с46 (10.6Г14 / Сантарка) – 636,1 г/кущ. За загальною врожайністю сорт-стандарт ‘Явір’ перевищили 133 генотипи, або 43,2 % дослідженого матеріалу, а 14,0 % форм сформували понад 1000 г/кущ. Середню масу товарної бульби понад 100 г мали 12,0 % генотипів, понад 20 бульб у кущі формували 9,5 %, умістом крохмалю понад 18,0 % характеризувалися 12,7 %, зокрема у 2,8 % цей показник перевищував 20,0 %. Найцінніше поєднання показників виявлено у Г21.4с3: урожайність – 1550,0 г/кущ, товарність – 98,9 %, середня маса товарної бульби – 164,3 г, уміст крохмалю – 26,0 %. До комплексно цінних також віднесено Г22.1с116 (08.195/73 / Г10.10с25), Г22.7с4 (Г15.7с15 / Янка), Г22.5с39 (Струмок / Г15.37с15) та Г21.12с7 (83.10/107 / 90.684/10). **Висновки.** Беккросне потомство багатовидових гібридів характеризувалося значною мінливістю врожайності, її структурних компонентів і вмісту крохмалю. Висока продуктивність окремих форм забезпечувалася великою середньою масою бульби, багатобульбовістю або сприятливим поєднанням цих показників. Виділені генотипи є перспективними джерелами раннього накопичення врожаю, високої врожайності, товарності, великобульбовості, багатобульбовості та підвищеної крохмалистості. Доцільним є їх залучення до схем гібридизації та подальше багаторічне випробування для визначення стабільності прояву цінних показників у різних умовах середовища.

Ключові слова: генетичні ресурси, раннє накопичення врожаю, продуктивність, товарність, бульбоутворення, крохмалистість.

Koval V.S. Breeding value of backcross progeny of multispecies potato hybrids for major agronomic traits

Objective. To assess the breeding value and variability of backcross progeny of multispecies potato hybrids for major agronomic traits and to identify promising genotypes for further breeding. **Methods.** Field experiments were conducted in 2025 at the Institute for Potato Research of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, located in the southern Polissia region of Ukraine. The plant material comprised 308 backcross genotypes derived from multispecies potato hybrids. The cultivars ‘Tyras’, ‘Skarbnytsia’, ‘Levada’, ‘Yavir’, and ‘Sluch’, representing different maturity groups, were used as standards. Early yield accumulation was assessed on days 65–70 after planting by harvesting two plants from each genotype. At the main harvest, total yield, marketability, tuber number per plant, and average marketable tuber weight were determined. Starch content was estimated from tuber specific gravity using VLK-500 potato scales. **Results.** Contrasting temperature and moisture conditions during the 2025 growing season contributed to substantial differentiation among the backcross genotypes. Forty-eight genotypes exceeded the standard cultivar ‘Levada’ in early yield accumulation. The highest values were recorded for G17.2s12 (92.9s28 / Podolia) – 690.4 g/plant and G16.1s46 (10.6G14 / Santarka) – 636.1 g/plant. At the main harvest, 133 genotypes, representing 43.2 % of the evaluated material, exceeded the standard cultivar ‘Yavir’ in total yield, while 14.0 % produced more than 1000 g/plant. An average marketable tuber weight above 100 g was recorded for 12.0 % of the genotypes, whereas 9.5 % formed more than 20 tubers per plant. A starch content above 18.0 % was detected in 12.7 % of the material, including 2.8 % of the genotypes in which it exceeded 20.0 %. The most favourable combination of agronomic traits was observed in G21.4s3, which produced 1550.0 g/plant, with a marketability

of 98.9 %, an average marketable tuber weight of 164.3 g, and a starch content of 26.0 %. Genotypes G22.1s116 (08.195/73 / G10.10s25), G22.7s4 (G15.7s15 / Yanka), G22.5s39 (Strumok / G15.37s15), and G21.12s7 (83.10/107 / 90.684/10) also combined high yield with high marketability, high tuber number, large average tuber weight, or increased starch content. **Conclusions.** The backcross progeny of multispecies potato hybrids showed considerable variability in yield, its structural components, and starch content. High productivity was achieved through a large average tuber weight, a high tuber number, or a favourable combination of these traits. The selected genotypes are promising sources of early yield accumulation, high total yield, marketability, high tuber number, large average tuber weight, and increased starch content. Their inclusion in hybridisation programmes and subsequent multi-year evaluation are recommended to determine the stability of valuable agronomic traits under different environmental conditions.

Key words: genetic resources, early harvest accumulation, productivity, marketability, tuber formation, starchiness.

Дата першого надходження статті до видання: 31.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 631.527.8:633.111.1
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.30

РЕАКЦІЯ ГЕНОТИПІВ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ НА МАНІПУЛЯЦІЇ З ФОНДОМ МЕТАБОЛІТІВ

ШВЕЦЬ О.А. – аспірант
orcid.org/0009-0005-8453-6797
Державний біотехнологічний університет
КРИВОРУЧЕНКО Р.В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
orcid.org/0000-0003-1943-8486
Державний біотехнологічний університет

Постановка проблеми. Урожайність пшениці формується як результат складної взаємодії фізіологічних процесів, що визначають накопичення асимілятів у листковому апараті (source) з їх подальшою реутилізацією у зернові акцептори (sink) [1], узгодженість донора й акцептора визнається одним із ключових напрямів підвищення врожайності зернових культур, особливо в умовах абіотичних стресів [2]. Донорні органи (насамперед листковий апарат) забезпечують потік асимілятів, тоді як акцепторні (колос, а на етапі наливу – безпосередньо зернівка) визначають, яка частка цього потоку буде реалізована у врожай. Баланс між потужністю донора і місткістю акцептора не є сталим: він змінюється впродовж онтогенезу, залежить від умов вирощування і, що особливо важливо для селекції, істотно варіює між генотипами.

Зростання потенціалу врожайності пшениці протягом останнього століття було переважно зумовлене збільшенням ємності акцептора, зокрема кількості зерен на квадратний метр та кількості зерен у колосі [3, 4]. Це істотне покращення акцепторної ємності значною мірою пов'язане із так званою «Зеленою революцією» та інтрогресією генів карликовості (таких як *Rht-B1b* та *Rht-D1b*) [5, 6].

Ці гени карликовості спричинили плейотропний ефект, який сприяє перерозподілу асимілятів від вегетативного росту стебла на користь репродуктивних органів, що забезпечує вищий рівень виживання квіток і формування більшої кількості зерен у колосі [5, 7]. Як наслідок, збиральний індекс (співвідношення маси зерна до загальної маси надземної частини) суттєво зріс, наблизившись у сучасних сортів пшениці до своєї теоретичної фізіологічної межі – приблизно 0,6 (60%) [6, 8]. Водночас загальна біомаса посіву, перехоплення сонячної радіації та ефективність її використання залишилися відносно незмінними в процесі історичної селекції [6].

Оскільки селекція переважно збільшувала ємність акцептора (кількість колосків, квіток, потенційна озерненість) без паралельного нарощування біомаси або фотосинтетичної здатності (джерела), накопичені дані свідчать, що сучасний елітний генофонд поступово зміщується до стану донорного лімітування (source-limitation) або спільного донорно-акцепторного ко-лімітування під час періоду наливу зерна [4, 9, 10]. Наслідком такого дисбалансу може бути формування генотипів, продуктивних за оптимальних умов, але вразливих у ситуації, коли донорна функція виявляється лімітованою – через посуху, хвороби листкового апарату, високі температури в період наливу зерна тощо. В умовах змін клімату, коли частота таких стресів зростає, здатність генотипу компенсувати дефіцит поточного фотосинтезу за рахунок реутилізації (мобілізації) запасних речовин стебла набуває самостійного селекційного значення – незалежно від того, чи є генотип джерело-, чи донор-лімітованим за походженням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Класичний методичний підхід до діагностики донорно-акцепторного лімітування –застосування двох контрастних маніпуляцій: обмеження донора (видалення листків) і обмеження акцептора (видалення частини колосків) відносно інтактного контролю [4-6, 9]. Ця методика та її модифікації активно використовують і в останні роки, зокрема, у нещодавньому дослідженні перспективних ліній м'якої пшениці порівнювали контроль, видалення прапорцевого листка, видалення всіх листків та видалення половини колосків одночасно за масою зерна, кількістю зерен та масою стебла, що дозволило класифікувати лінії за чутливістю до кожного типу обмеження [11].

Численні дослідження свідчать, що основні складові врожайності зерна та сам донорно-акцепторний баланс виявляють істотну екологічну пластичність, зумовлену взаємодією генотип × середовище (G×E). Так, у дослідженні Álvaro et al. (2008) зафіксовано, що умови вегетаційного періоду визначали від 23% до 49% дисперсії маси зерна та тривалості його наливу [7]. Wu et al. (2022) також акцентували увагу на тому, що коливання умов середовища (наприклад, температурні аномалії) призводять до вираженої трансформації ємності акцептора та донорно-акцепторного балансу в різні роки [12]. Натомість інші автори вказують на те, що на тлі високої пластичності показника кількості зерен індивідуальна маса зернівки традиційно розглядається як стабільна генетична ознака, яка незначно піддається впливу чинників середовища [13].

Дефоліація послідовно демонструє зниження маси зерна, тоді як запаси стебла (зменшення вегетативної маси соломи) відіграють роль компенсаторного буфера.

© Швець О.А., Криворученко Р.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Ця закономірність знаходить вагоме обґрунтування в роботі Rivera-Amado et al. (2020): попри спричинене дефоліацією падіння маси зерна на ~16–18%, частка резервів стебла, спрямованих на формування маси зерна, суттєво зростала (приблизно на 59%) для нівелювання дефіциту [9]. Maydup et al. (2010) також зафіксували виражену залежність від ретранслокації речовин із стебла за умов видалення асиміляційної поверхні [14]. Крім того, в дослідженнях Wu et al. (2022) підтверджено, що елімінація листя активізує мобілізацію вуглецевих резервів із стеблових міжвузлів задля підтримання процесів наливу [12]. На противагу цьому, Ahmadi et al. (2009) виявили практичну відсутність впливу дефоліації після колосіння на загальну врожайність або масу окремого зерна у високопродуктивної озимої пшениці, що заперечує концепцію лімітування з боку джерела асимілятів у цей період [15]. Виявлені розбіжності, очевидно, здебільшого криються в рівні радикальності застосованих маніпуляцій та особливостях генофонду: так, у роботі Rivera-Amado et al. (2020) видаляли три верхні листки у високоінтенсивних сортів ярої пшениці [9], тоді як за іншим протоколом застосовували дефоліацію лише прапорцевого та підпрапорцевого листків у майже ізогенних ліній [12], а в дослідах інших авторів здійснювали повне видалення листя на однометрових ділянках посіву м'якої пшениці [14].

Маніпуляції з видаленням половини колосків дозволяють диференціювати генотипи на контрастні групи «чутливі» (лімітовані за джерелом) та «нечутливі» (лімітовані за акцептором), причому характер розподілу змінюється по роках. Ma et al. (1996) виступили піонерами такого підходу, вперше здійснивши подібне групування сортів пшениці на основі компенсаторного росту зернівок у відповідь на 50%-не видалення колосків [16]. Результати досліджень одних авторів свідчать, що обмеженість джерелом асимілятів не є константним параметром, а виступає тимчасовим станом агрофітоценозу, що актуалізується лише за певних умов вегетації в період наливу [3]. З іншого боку, Borrás et al. (2004), за результатами масштабного аналітичного перегляду 18 експериментів, стверджують, що за сприятливих умов вирощування зерно пшениці розвивається на тлі повного насичення асимілятами, піддаючи сумніву гіпотезу про первинну донорну обмеженість значної частки сучасних елітних сортів [17].

Важливо, що навіть у найновіших роботах з ідентичним нашому протоколом (видалення половини колосків та дефоліацією всіх листків) аналіз здебільшого обмежується масою зерна на колос та вмістом водорозчинних вуглеводів у стеблі на відносно невеликій вибірці генотипів, не використовуючи при цьому масу 1000 зерен як, основний акцепторний показник і не пропонуючи узагальненого кількісного індексу реакції, придатного для швидкого скринінгу [11]. Більше того, поєднання дефоліації різної інтенсивності з видаленням половини колосків часто застосовують лише на одному сорті. Так, Heidari (2022) продемонстрував, що поєднана повна дефоліація з видаленням половини колосків різко знижує масу стебла, листків і колоса саме в сорту Pishtaz, класифікувавши його як переважно акцепторно-лімітований через низьку здатність до зміни розміру зернівки за надлишку асимілятів [18]. Це ілюструє загальну тенденцію: навіть сучасні дослідження цього напряму рідко виходять за межі кількох сортів або ліній, залишаючи відкритим питання доступного, недеструктивного показника балансу донорно-акцепторної системи для широкого генотипового скринінгу.

Мета дослідження – встановити особливості реакції широкого набору генотипів пшениці м'якої озимої різного походження на маніпуляції з фондом метаболітів для оцінки їх селекційно-генетичної цінності та подальшого використання в селекційному процесі.

Матеріали та методика досліджень. Матеріалом для дослідження слугували 55 колекційних генотипів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.), що включали районовані сорти та селекційні лінії різного еколого-генетичного походження. Колекція включала: 31 сорт, з яких 18 – вітчизняної селекції різних селекційних установ, 7 – селекції КНР та 6 – європейської селекції, а також 24 селекційні лінії створені на кафедрі генетики, селекції та насінництва ДБТУ.

Польові дослідження впродовж 2024-2025 рр проводили в умовах ННВЦ «Дослідне поле Докучаєвське» Державного біотехнологічного університету. Агротехніка вирощування колекційних зразків пшениці загальноприйнята для умов східного Лісостепу України. Попередник – чистий пар. Площа ділянки 2 м^2. Посів проводився вручну в оптимальні строки.

Для оцінки донорно-акцепторної реакції генотипів застосовано схему з трьох варіантів, реалізованих на головному пагоні рослини: *контроль* – інтактні рослини (без втручань); *повне видалення листків (дефоліація)* – усі листкові пластинки головного пагона видаляли в фазу колосіння; *видалення половини колоса* – половину колосків колоса видаляли вздовж вісі з одного боку в фазу колосіння.

Обидві маніпуляції виконувалися на 30 рослинах одного посіву, що виключало вплив міжділянкової варіабельності умов вирощування на результат порівняння. Після повного достигання зерна на рослинах кожного дослідного варіанту та контрольних рослинах визначали масу 1000 зерен (М1000) та суху масу стебла головного пагона (без листків і колоса).

Для характеристики реакції кожного генотипу на маніпуляції фондом метаболітів розраховано чотири індекси як відношення значення показника в дослідному варіанті до контролю: R1 – реакція маси 1000 зерен на видалення половини колоса; R2 – реакція маси 1000 зерен на повне видалення листків (дефоліацію); R3 – реакція маси стебла на видалення половини колоса; R4 – реакція маси стебла на дефоліацію. Значення індексів усереднено за два роки досліджень (2024, 2025) для кожного з 55 генотипів. Саме ці чотири індекси, розраховані для кожного генотипу окремо, слугували вихідними змінними для подальшого математичного аналізу.

Значення індексу > 1 відповідає приросту ознаки відносно контролю, < 1 – її зниженню. Індекси R1 і R2 характеризують реакцію акцепторної (зернівка), а R3 і R4 – донорно-буферної (стебло) складової продуктивності. Для розрахунків використано середні значення ознак по кожному генотипу за два роки досліджень, а також окремо

по кожному року – для перевірки стабільності виявлених закономірностей.

Оскільки дослід не передбачав польових повторень у класичному розумінні, для перевірки достовірності відмінностей між контролем і дослідними варіантами застосовано **парний t-тест**, у якому кожен із 55 генотипів виступав власною парою спостережень (значення ознаки в контролі та у варіанті одного й того самого генотипу), що дозволило усунути вплив міжгенотипової варіабельності базового рівня ознаки на оцінку ефекту маніпуляції. Для кожного порівняння наведено середнє значення різниці, 95%-й довірчий інтервал різниці середніх, значення t-статистики (df = 54) та відповідне p-значення. Розмір ефекту оцінювали за допомогою коефіцієнта Cohen's d для парних вибірок:

$$d_z = \frac{t}{\sqrt{n}}$$

Мінливість ознак у межах вибірки генотипів характеризували коефіцієнтом варіації (CV, %).

Для встановлення структури взаємозв'язків між індексами реакції та зниження розмірності ознакового простору застосовано аналіз головних компонент (Principal Component Analysis, PCA) за кореляційною матрицею стандартизованих (z-перетворених) значень R1–R4.

Перед проведенням PCA придатність кореляційної матриці до факторизації перевірено за допомогою: тесту сферичності Бартлетта – для перевірки статистично значущої відмінності кореляційної матриці від одиничної; міри адекватності вибірки Кайзера-Мейєра-Олкіна (KMO) – для оцінки частки дисперсії змінних, що може бути пояснена спільними факторами.

Головні компоненти виділено методом власних значень кореляційної матриці; навантаження змінних на компоненти розраховано як добуток власних векторів на квадратний корінь відповідного власного значення. Для подальшої інтерпретації відібрано компоненти, що мають змістовне фізіологічне тлумачення та в сукупності пояснюють більшість дисперсії вихідних змінних.

Класифікацію генотипів за характером реакції на маніпуляції здійснено методом ієрархічної агломеративної кластеризації (метод Уорда, критерій мінімізації приросту внутрішньокластерної дисперсії) на матриці евклідових відстаней між стандартизованими значеннями R1–R4. Вибір методу Уорда обумовлений його здатністю формувати компактні, однорідні за складом кластери, що є оптимальним для подальшої статистичної перевірки міжгрупових відмінностей дисперсійним аналізом.

Кількість кластерів (k=4) визначено на основі поєднання формального й теоретичного критеріїв. Силуетний аналіз (обчислений для k=2…7) не виявив статистично однозначної переваги жодного значення k (діапазон коефіцієнтів силуету 0,20–0,22 для всіх перевірених варіантів), що типово для вибірок з помірною міжкластерною відстанню. У зв'язку з цим остаточний вибір k=4 здійснено на підставі теоретичної моделі донорно-акцепторних відносин, яка передбачає диференціацію генотипів за типом лімітування (переважання донорного чи акцепторного обмеження) та ступенем залучення стеблового резерву. Додатковим підтвердженням коректності обраного рішення слугував повний (100%) збіг одного з отриманих кластерів із групою, виділеною незалежним методом (класифікація за медіанними значеннями R1 і R2).

Достовірність відмінностей між виділеними кластерами за кожним з індексів R1–R4 перевірено методом однофакторного дисперсійного аналізу (ANOVA) з наступним визначенням статистики F та рівня значущості p. Відмінності вважали статистично значущими за $p<0,05$.

Розрахунки виконано з використанням мови програмування Python (бібліотеки pandas, NumPy, SciPy, scikit-learn) для стандартизації даних, тестів придатності до факторизації, аналізу головних компонент, ієрархічної кластеризації та дисперсійного аналізу; візуалізацію результатів (дендрограма, біплот головних компонент, діаграми розмаху) виконано засобами бібліотеки Matplotlib.

Результати досліджень. Аналіз реакції маси 1000 зерен (M1000) на застосовані маніпуляції фондом метаболітів виявив чіткі, статистично високодостовірні та протилежно спрямовані ефекти обох варіантів впливу відносно контролю (табл. 1).

Зняття конкуренції за асиміляти шляхом видалення половини колосків зумовило достовірне підвищення маси 1000 зерен порівняно з контролем в обидва роки досліджень: з 42,99±6,63 г до 46,02±5,66 г у 2024 р. ($t = 7,23$; $df = 54$; $p = 1,77\times10^{-9}$) та з 45,22±5,25 г до 48,36±4,75 г у 2025 р. ($t = 7,72$; $df = 54$; $p = 2,84\times10^{-10}$). У середньому за два роки приріст маси 1000 зерен становив +3,09 г, або +7,0% відносно контролю (95% ДІ [2,28; 3,89] г), за розміру ефекту Cohen's d = 1,04, що відповідає градації «великий ефект». Отже, у середньому по дослідженому набору генотипів зернівки, що залишилися в колосі після видалення половини колосків, реалізували додатковий потенціал росту за рахунок вивільненого пулу асимілятів, який за природних умов розподілявся б між більшою кількістю зерен.

Створення штучного дефіциту поточних асимілятів шляхом повної дефоліації спричинило, навпаки, виражене й статистично достовірне зниження маси 1000 зерен в обидва роки: з 42,99±6,63 г до 36,45±6,71 г у 2024 р. ($t = 16,53$; $df = 54$; $p = 8,69\times10^{-23}$) та з 45,22±5,25 г до 37,77±5,55 г у 2025 р. ($t = 17,78$; $df = 54$; $p = 3,17\times10^{-24}$). Середнє за два роки зниження становило −7,00 г, або −15,9% відносно контролю (95% ДІ [−7,77; −6,22] г), за розміру ефекту Cohen's d = 2,44 («дуже великий ефект»). Важливо, що величина ефекту дефоліації приблизно вдвічі перевищувала величину ефекту видалення колосків (2,44 проти 1,04), що вказує на істотно вищу чутливість досліджуваного генофонду до обмеження джерела асимілятів порівняно з обмеженням акцепторної конкуренції.

Незважаючи на те що абсолютні рівні контролю відрізнялися між роками (42,99 г у 2024 р. проти 45,22 г у 2025 р.), напрямок та відносна сила реакції на обидва типи маніпуляцій виявилися практично незмінними: розмір ефекту видалення колосків становив 0,97 та 1,04 у 2024 та 2025 рр. відповідно, а розмір ефекту дефоліації – 2,23 та 2,40. Ця відтворюваність результатів по двох роках з контрастними погодними умовами вегетаційного періоду свідчить, що виявлена реакція є стійкою властивістю дослідженого набору генотипів, а не випадковим ефектом одного конкретного року.

Таблиця 1

Маса 1000 зерен генотипів пшениці в контролі та дослідних варіантах по роках (n = 55 генотипів)

Рік	Варіант	Середнє ± SD, г	CV, %	Δ до контролю [95% ДІ]	d	t	p
2024	Контроль	42,99 ± 6,63	15,42	-	-	-	-
	Видалення 1/2 колоса	46,02 ± 5,66	12,31	+3,03 [2,19; 3,87]	0,97	7,23	$1{,}77\times10^{-9}$
	Дефоліація	36,45 ± 6,71	18,40	-6,54 [-7,33; -5,75]	2,23	16,53	$8{,}69\times10^{-23}$
2025	Контроль	45,22 ± 5,25	11,62	-	-	-	-
	Видалення 1/2 колоса	48,36 ± 4,75	9,82	+3,15 [2,33; 3,96]	1,04	7,72	$2{,}84\times10^{-10}$
	Дефоліація	37,77 ± 5,55	14,69	-7,45 [-8,29; -6,61]	2,40	17,78	$3{,}17\times10^{-24}$
Середнє за 2 роки	Контроль	44,10 ± 5,63	12,78	-	-	-	-
	Видалення 1/2 колоса	47,19 ± 4,75	10,08	+3,09 [2,28; 3,89]	1,04	7,71	$2{,}95\times10^{-10}$
	Дефоліація	37,11 ± 5,96	16,07	-7,00 [-7,77; -6,22]	2,44	18,11	$1{,}35\times10^{-24}$

Примітка: SD – стандартне відхилення; CV – коефіцієнт варіації; ДІ – довірчий інтервал; d – Cohen's d для парних вибірок; df = 54 для всіх тестів.

Таблиця 2

Маса стебла генотипів пшениці в контролі та дослідних варіантах по роках, (n = 55 генотипів)

Рік	Варіант	Середнє ± SD, г	CV, %	Δ до контролю [95% ДІ]	d	t	p
2024	Контроль	1,489 ± 0,319	21,44	-	-	-	-
	Видалення 1/2 колоса	1,576 ± 0,376	23,83	+0,088 [0,054; 0,122]	0,69	-5,14	$3{,}93\times10^{-6}$
	Дефоліація	1,365 ± 0,323	23,68	-0,123 [-0,154; -0,091]	1,04	7,70	$3{,}06\times10^{-10}$
2025	Контроль	1,517 ± 0,328	21,63	-	-	-	-
	Видалення 1/2 колоса	1,620 ± 0,385	23,78	+0,103 [0,070; 0,137]	0,83	-6,14	$1{,}01\times10^{-7}$
	Дефоліація	1,404 ± 0,322	22,96	-0,113 [-0,143; -0,084]	1,02	7,60	$4{,}38\times10^{-10}$
Середнє за 2 роки	Контроль	1,503 ± 0,317	21,11	-	-	-	-
	Видалення 1/2 колоса	1,598 ± 0,371	23,19	+0,096 [0,064; 0,127]	0,81	-6,01	$1{,}67\times10^{-7}$
	Дефоліація	1,384 ± 0,316	22,84	-0,118 [-0,147; -0,089]	1,10	8,16	$5{,}44\times10^{-11}$

Зміна мінливості ознаки. Показово, що зняття акцепторного обмеження (видалення колосків) супроводжувалося зниженням коефіцієнта варіації М1000 порівняно з контролем (з 15,42% до 12,31% у 2024 р.; з 11,62% до 9,82% у 2025 р.; у середньому за два роки – з 12,78% до 10,08%), тоді як введення донорного обмеження (дефоліація), навпаки, підвищувало варіювання ознаки (до 18,40% у 2024 р.; до 14,69% у 2025 р.; у середньому – до 16,07%). Такий однонаправлений патерн по обидва роки вказує на те, що дефіцит джерела асимілятів не лише знижує середній рівень маси зернівки, а й посилює генотипову диференціацію реакції – тобто чутливість до дефоліації є вираженою індивідуальною характеристикою генотипу, тоді як реакція на вивільнення акцепторної конкуренції більш уніфікована в межах дослідженого набору.

Якщо реакція маси 1000 зерен відображає кінцевий результат перерозподілу асимілятів на рівні зернівки, то зміна маси стебла дозволяє оцінити безпосередньо джерело цього перерозподілу – резервний (буферний) пул, який рослина або накопичує, або витрачає залежно від співвідношення донорного та акцепторного потенціалу. Аналіз цієї ознаки виявив реакцію, яка не лише статистично високодостовірна й стабільна по роках, а й логічно узгоджується з уже описаною динамікою маси 1000 зерен (табл. 2).

Зняття конкуренції за асиміляти зумовило достовірне зростання маси стебла відносно контролю в обидва роки досліджень: з 1,489±0,319 г до 1,576±0,376 г у 2024 р. ($t = -5{,}14$; $df = 54$; $p = 3{,}93\times10^{-6}$) та з 1,517±0,328 г до 1,620±0,385 г у 2025 р. ($t = -6{,}14$; $df = 54$; $p = 1{,}01\times10^{-7}$). У середньому за два роки приріст становив 0,096 г (95% ДІ [0,064; 0,127]) за розміру ефекту Cohen's d = 0,81 («великий ефект»). Відповідний індекс реутилізації (IP) склав –5,90% у 2024 р. та –6,81% у 2025 р. (у середньому –6,36%): незмінно від'ємне значення в обидва

роки вказує на послідовне накопичення, а не витрачання резервів стебла – рослина не потребує їх мобілізації, оскільки зниження акцепторного попиту після видалення половини колосків вивільняє додатковий пул асимілятів, частина якого спрямовується на приріст самого стебла.

Дефоліація, навпаки, спричинила достовірне зниження маси стебла в обидва роки: з 1,489±0,319 г до 1,365±0,323 г у 2024 р. ($t = 7,70$; $df = 54$; $p = 3,06\times10^{-10}$) та з 1,517±0,328 г до 1,404±0,322 г у 2025 р. ($t = 7,60$; $df = 54$; $p = 4,38\times10^{-10}$). У середньому за два роки зниження становило 0,118 г (95% ДІ [–0,147; –0,089]) за розміру ефекту $d = 1,10$. IP становив +8,24% та +7,48% відповідно (у середньому +7,85%) – стабільно додатне значення в обидва роки підтверджує послідовну мобілізацію запасних речовин стебла на компенсацію дефіциту поточного фотосинтезу.

Отримана картина по масі стебла є дзеркальним відображенням раніше описаної реакції маси 1000 зерен і формує з нею єдину фізіологічно цілісну послідовність: зняття акцепторного обмеження одночасно збільшує масу зернівки (+7,0%) і масу стебла (IP = –6,36%, тобто накопичення) – обидва органи виграють від зниженої внутрішньорослинної конкуренції за асиміляти. Дефоліація, навпаки, одночасно знижує масу зернівки (–15,9%) і масу стебла (IP = +7,85%) – стебло віддає резерви саме тоді, коли зернівка найбільше цього потребує. Показово, що й розмір ефекту, і напрямок зміни мінливості ознаки узгоджені між обома показниками: ефект дефоліації перевищує ефект видалення колосків для обох ознак ($d = 2,44$ проти 1,04 для М1000; $d = 1,10$ проти 0,81 для маси стебла), а коефіцієнт варіації зростає при дефоліації і знижується при видаленні колосків як для М1000 (з 12,78% до 16,07% і до 10,08% відповідно), так і для маси стебла (з 21,11% до 22,84% і до 23,19% відповідно – хоча для стебла ця відмінність виражена слабше). Такий узгоджений патерн двох незалежних ознак свідчить, що вони відображають єдиний донорно-акцепторний механізм компенсаторної реутилізації, а не є незалежними випадковими реакціями дослідженого набору генотипів.

Результати парного порівняння дозволили встановити, що обидва типи маніпуляції фондом метаболітів спричиняють статистично значущі й фізіологічно узгоджені зміни М1000 і маси стебла в середньому по вибірці. Однак середньопопуляційний ефект за своєю природою є інтегральною, а не диференціювальною характеристикою: він відповідає на питання, чи реагує пшениця на маніпуляцію взагалі, але нічого не повідомляє про те, чи однаковою мірою реагують усі генотипи, і чи є серед них групи з якісно відмінним характером реакції. Розмах індивідуальних значень індексів реакції (R1: 0,906–1,281; R4: 0,758–1,120), який суттєво перевищує похибку середнього, вказує на те, що за усередненим ефектом ховається виражена міжгенотипова гетерогенність, яка становить самостійний предмет аналізу і безпосередньо визначає мету дослідження – оцінку селекційно-генетичної цінності окремих генотипів, а не популяції в цілому.

Оскільки чотири розрахованих індекси (R1–R4) описують реакцію одночасно двох органів (зернівка, стебло) на два незалежні типи стресу (дефіцит акцептора, дефіцит донора), коректна диференціація генотипів вимагає одночасного врахування всіх чотирьох вимірів, а не послідовного розгляду кожного індексу окремо – саме тому застосовано комплекс багатовимірних методів: аналіз головних компонент (PCA) для встановлення структури взаємозв'язків між індексами, та ієрархічну кластеризацію для об'єктивного виділення груп генотипів.

Дані табл. 3 дозволяють оцінити як внутрішню структуру взаємозв'язків між чотирма індексами реакції, так і придатність цієї структури до факторизації методом головних компонент.

Аналіз парних коефіцієнтів кореляції виявляє нерівномірний і фізіологічно змістовний патерн зв'язків. Найсильніший зв'язок встановлено між індексами реакції стебла – R3 і R4 ($r=0,501$) – що вказує на існування спільного, узагальненого компонента мінливості, який визначає ступінь залучення стеблового резервуара до компенсаторних процесів незалежно від напрямку прикладеного стресу. Водночас індекси реакції зернівки (R1 і R2) корелюють між собою значно слабше й з від'ємним знаком ($r=-0,203$), що свідчить про часткову незалежність, а не про паралельне посилення обох реакцій в одних і тих самих генотипів. Показово, що перехресні зв'язки між органами виражені слабко (R2–R3: $r=0,262$; інші – $r<0,18$), тобто реакція зернівки і реакція стебла в цілому становлять відносно відокремлені виміри мінливості, що й зумовлює доцільність їх спільного, але багатовимірного (а не парного) аналізу.

Перевірка придатності цієї кореляційної матриці до факторного аналізу дала неоднозначний, проте інтерпретовний результат: тест сферичності Бартлетта підтвердив статистично значущу відмінність матриці від одиничної ($\chi^2=23,96$; $df=6$; $p=0,0005$), однак міра адекватності вибірки Кайзера-Мейєра-Олкіна виявилась нижчою за умовний поріг прийнятності (KMO=0,489). Це очікуваний наслідок роботи з невеликою кількістю змінних ($n=4$) за наявності лише помірних за силою кореляцій – і означає,

Таблиця 3

Кореляційна матриця та навантаження головних компонент за індексами реакції R1–R4 (n=55)

Індекс	R1	R2	R3	R4		PC1	PC2
R1	1,000	-0,203	0,111	0,176		0,298	**-0,754**
R2		1,000	0,262	0,020		0,308	**0,797**
R3			1,000	**0,501**		**0,875**	0,147
R4				1,000		**0,826**	-0,181
Частка поясненої дисперсії, %						**40,1**	**30,9**

Примітка: тест сферичності Бартлетта $\chi^2=23,96$; $df=6$; $p=0,0005$. Міра адекватності вибірки Кайзера-Мейєра-Олкіна KMO=0,489. PC1 і PC2 разом пояснюють 71,0% сумарної дисперсії.

що подальші результати PCA слід трактувати як допоміжну ординацію простору ознак, яка ілюструє і підкріплює висновки кластерного аналізу, але не є самостійним доказовим інструментом.

Незважаючи на зазначене методичне обмеження, отримана структура навантажень виявилась чіткою і фізіологічно несуперечливою. Перша компонента (PC1, 40,1% дисперсії) об'єднує R3 і R4 з навантаженнями одного знака і близької величини (0,875 і 0,826 відповідно) при мінімальному внеску R1 і R2 (0,298 і 0,308) – це вісь узагальненої пластичності стеблового резервуара, яка відображає здатність генотипу залучати запасні речовини стебла до компенсаторних процесів безвідносно до типу порушення донорно-акцепторного балансу. Друга компонента (PC2, 30,9%) протиставляє R1 і R2 (навантаження −0,754 і 0,797 відповідно) при незначному внеску R3 і R4 – це вісь типу лімітування наливу зернівки, що розділяє генотипи за переважанням акцепторного чи донорного обмеження. Разом ці дві компоненти пояснюють 71,0% сумарної дисперсії – прийнятний рівень для двовимірної ординації.

Принципове значення має ортогональність (незалежність) цих двох осей: вона свідчить, що тип лімітування зернівки і ступінь пластичності стебла є генетично незалежними ознаками. Це, своєю чергою, є прямим методологічним обґрунтуванням переходу до багатовимірної кластеризації: класифікація лише за однією з осей (наприклад, за традиційним медіанним поділом R1×R2, що відповідає лише PC2) апріорі не здатна виявити варіабельність, закладену в PC1, і, відповідно, втрачає частину біологічно значущої інформації про диференціацію генотипів.

Ієрархічна кластеризація методом Уорда виділила чотири кластери (рис. 1), розділені на висоті евклідової відстані 7,59, що відповідає чіткому й статистично обґрунтованому рівню відсікання дендрограми: подальше об'єднання (до 9,69) відбувається лише на останньому кроці злиття двох великих гілок, тоді як усередині кожного з чотирьох виділених кластерів максимальна висота злиття не перевищує 4,61 – тобто внутрішньокластерна відстань істотно менша за міжкластерну.

Дані табл. 4 підтверджують статистичну достовірність такого розділення: усі чотири індекси реакції значуще диференціюють виділені типи ($p<0,01$ для R1; $p<0,000001$ для R2, R3, R4). Показово, що найбільша диференціювальна здатність властива саме індексу R3 ($F=43,42$) – реакції стебла на видалення половини колоса, – що прямо узгоджується з роллю стеблової пластичності як провідної осі мінливості (PC1, 40% дисперсії).

Для подальшого опису застосовано нейтральну, суто позиційну номенклатуру виділених типів (Тип I–IV), яка не передбачає апріорної оцінки їхньої фізіологічної чи господарської цінності – така оцінка формулюється окремо, на основі аналізу сукупності ознак кожного типу:

– Тип I (n=5) – з посиленою реакцією маси 1000 зерен на зниження акцепторного навантаження та ослабленою реакцією на дефіцит донора;

– Тип II (n=7) – зі стабільно високими значеннями обох індексів реакції маси стебла, зокрема практично незмінною або зростаючою масою стебла за дефіциту донора;

– Тип III (n=29) – з проміжними значеннями всіх чотирьох індексів реакції;

– Тип IV (n=14) – зі стабільно зниженими значеннями обох індексів реакції маси стебла.

Ординація типів у просторі головних компонент (рис. 2) візуально підтверджує це розділення: Тип I компактно розташований у нижньому правому секторі

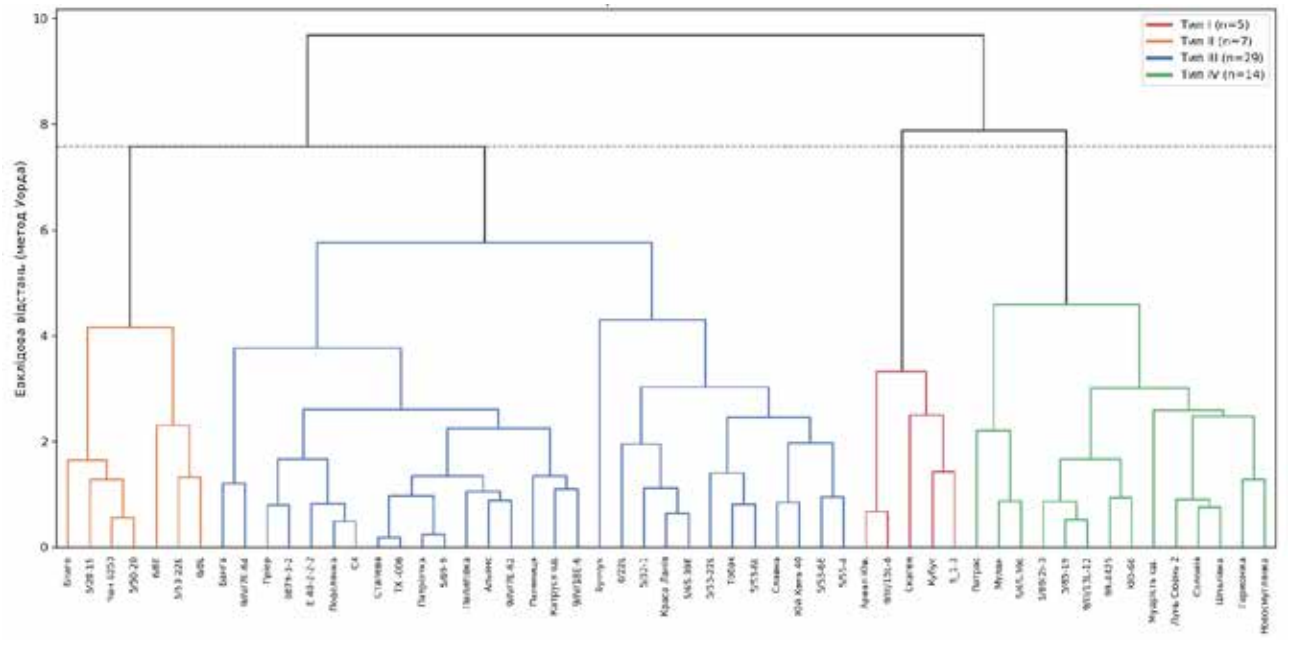


Рис. 1. Дендрограма кластеризації генотипів пшениці м'якої озимої за індексами реакції R1–R4 (метод Уорда, Евклідова відстань)

Таблиця 4

Характеристика типів реакції генотипів за індексами R1–R4 (метод Уорда, k=4)

Тип реакції	n	R1 (M±SD)	R2 (M±SD)	R3 (M±SD)	R4 (M±SD)
Тип I	5	1,199±0,070	0,726±0,039	1,089±0,036	0,938±0,072
Тип II	7	1,085±0,064	0,882±0,037	1,186±0,041	1,026±0,074
Тип III	29	1,061±0,074	0,866±0,048	1,066±0,041	0,923±0,044
Тип IV	14	1,058±0,057	0,806±0,067	0,982±0,034	0,856±0,045
F (ANOVA)		6,23	13,83	43,42	17,40
p		0,0011	<0,000001	<0,000001	<0,000001

Примітка: df=3/51 для всіх тестів. Усі відмінності між типами статистично значущі.

площини (від'ємні значення PC2, помірний PC1), Тип II зміщений у крайній правий сектор (найвищі значення PC1), тоді як Тип IV займає протилежний, лівий сектор площини (від'ємні значення PC1). Найчисельніший Тип III розташований дифузно навколо центру координат, без вираженого зміщення в жодному напрямку – що узгоджується з його статусом перехідної, гетерогенної групи.

Розподіл індексів реакції за типами (рис. 3) деталізує цю картину на рівні кожного окремого показника. Для R1 і R2 чітко виокремлюється лише Тип I (мінімальне перекриття міжквартильних діапазонів з рештою груп); для R3 і R4, навпаки, найбільш контрастно виділяються Тип II (стабільно найвищі значення, для R4 медіана наближається до або перевищує 1,0) і Тип IV (стабільно найнижчі значення обох індексів).

Персональний склад кожного типу (табл. 5) дозволяє зіставити отриманий розподіл із класифікацією за традиційним медіанним підходом (за співвідношенням R1 і R2 відносно медіан вибірки). Тип I демонструє повний (5 з 5) збіг із групою "source-лімітований" за медіанним підходом – це найвищий рівень відтворюваності серед усіх виділених типів, що дає підстави розглядати саме цей тип як найбільш статистично надійно ідентифікований, незалежно від обраного методу класифікації. Решта типів (II, III, IV) не мають однозначної відповідності медіанному поділу, оскільки їхнє формування визначається переважно різницею за R3 і R4 – компонентом мінливості, який двовимірний медіанний підхід (що враховує лише R1 і R2) структурно не здатний виявити.

Виявлена дендрограмою і підтверджена дисперсійним аналізом чотиритипова структура (табл. 4, 5; рис. 1–3) відображає не довільний статистичний поділ, а реальну диференціацію генотипів за фізіологічними механізмами реалізації донорно-акцепторних відносин. Розглянемо кожен тип послідовно, з акцентом на фізіологічну природу реакції та її потенційну селекційну значущість.

Тип I. Генотипи цього типу (n=5) характеризуються найвищим серед усіх груп значенням R1 (1,199±0,070) у поєднанні з найнижчим значенням R2 (0,726±0,039) (табл. 4). Така комбінація має однозначну фізіологічну інтерпретацію: зернівки цих генотипів зберігають істотний невикористаний потенціал росту, що реалізується лише

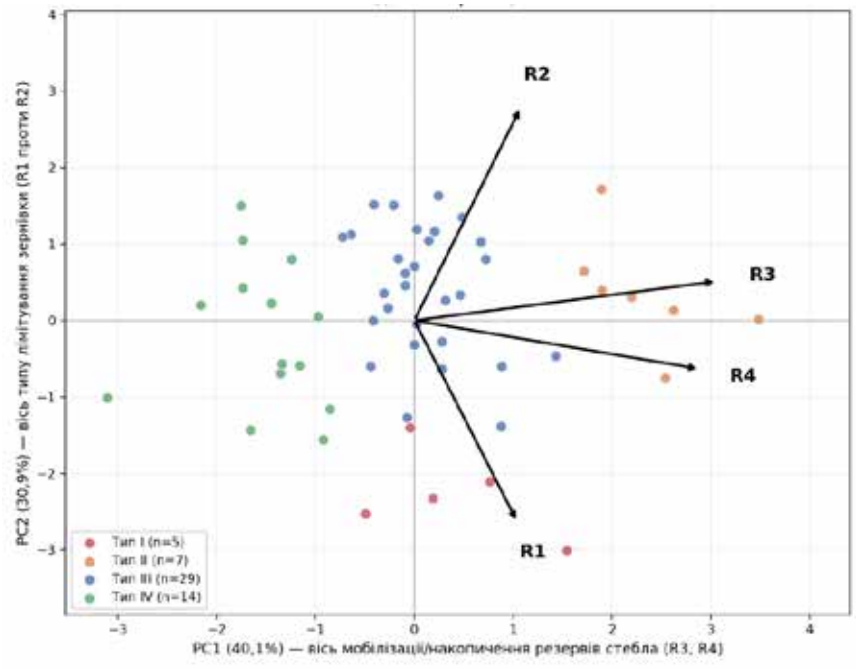


Рис. 2. Ординація генотипів пшениці м'якої озимої у просторі головних компонент за індексами реакції R1–R4

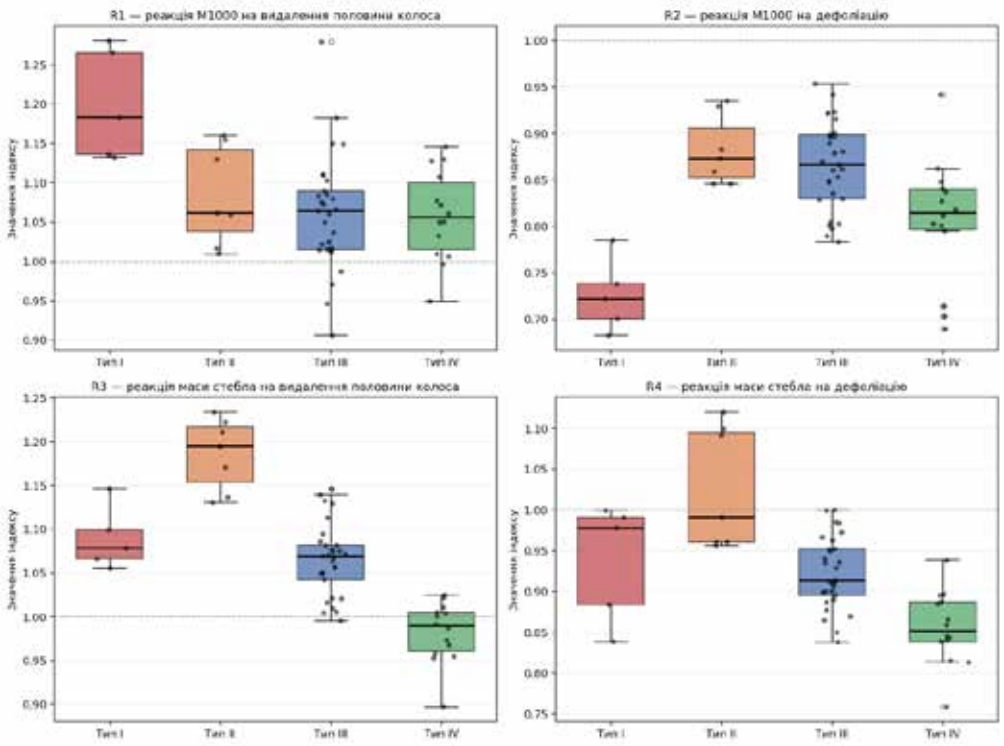


Рис. 3. Розподіл індексів реакції R1–R4 за типами реакції (метод Уорда, k=4)

за штучного зниження конкуренції за асиміляти (видалення половини колоса), і водночас украй чутливі до обмеження поточної фотосинтетичної продуктивності. Це відповідає загальновизнаному визначенню донор-лімітованого типу: налив зерна таких генотипів за нормальних умов обмежений переважно постачанням асимілятів, а не місткістю акцептора [9].

Важливо, що цей тип – єдиний, який на 100% (5 з 5 генотипів) відтворюється незалежним, традиційним методом класифікації за медіанами R1/R2 (розділ 3.6), а також єдиний, що утворює чітко відокремлену групу на рис. 2 і рис. 3 практично без перекриття з рештою типів за обома індексами реакції зернівки. Подібна закономірність – посилення донорної залежності у високопродуктивних генотипів пшениці – узгоджується з даними багатьох авторів [6, 7, 10, 11].

Селекційна цінність цього типу має складну природу. З одного боку, наявність невикористаного резерву місткості зернівки (високий R1) робить такі генотипи цінними донорами ознаки потенційної крупнозерності за умови покращеного донорного забезпечення. З іншого боку, виражена чутливість до дефіциту фотоасимілятів (найбільший розмір ефекту дефоліації в усій вибірці табл. 1-2) вказує на понижену буферну здатність за умов стресу, пов'язаного із втратою листкової поверхні, що обмежує пряме використання цих генотипів у зонах ризикованого землеробства без цілеспрямованого добору за стійкістю донорної системи.

Тип II (n=7) вирізняється аномально високими значеннями обох стеблових індексів – R3 (1,186±0,041) і, що особливо показово, R4 (1,026±0,074), – причому останній є єдиним випадком серед усіх типів, коли реакція перевищує або дорівнює одиниці (табл. 4, рис. 3). Це означає, що маса стебла цих генотипів не лише не знижується, а подекуди навіть дещо зростає за умов гострого дефіциту донора (повна дефоліація).

Ця комбінація фізіологічно нетривіальна і допускає дві альтернативні пояснювальні гіпотези. Перша – обмежена

Таблиця 5

Розподіл генотипів озимої пшениці за типами реакції на маніпуляції фондом метаболітів

Тип (кластер)	n	Генотипи
Тип I	5	5_1-3, 9/III/13L-8, Ареал Юв., Кубус, Скаген
Тип II	7	5/28-15, 5/50-20, 5/53-22E, 6/8E, 6/8L, Благо, Чан 6253
Тип III	29	0879-3-2, 5/32-1, 5/53-22L, 5/53-6L, 5/53-6E, 5/55-4, 5/65-39E, 5/89-9, 8/22L, 9/IV/18E-6, 9/IV/7E-62, 9/IV/7E-64, Альянс, Банга, Бунчук, Е 40-2-2-2, Катруся од., Краса Ланів, Паляниця, Патріотка, Пилипівка, Подолянка, Пріор, С4, Славна, Сталева, ТХ-006, Тобак, Юй Хань 40
Тип IV	14	5/65-39L, 5/85-19, 5/89(2)-3, 9/III/13L-12, 99-4425, КЮ-60, Гармоніка, Лунь Сюань 2, Мудрість од., Мулан, Новосмуглянка, Патрас, Соломія, Шпалівка

здатність до транслокації запасних вуглеводів зі стебла в колос: незважаючи на дефіцит поточної асиміляції, механізм мобілізації резервів у цих генотипів не активується повною мірою. Друга – компенсаторне посилення фотосинтетичної активності інших органів (стебло, піхви листків, остюки), що робить мобілізацію стеблового резерву фізіологічно необов'язковою навіть за істотної втрати листкової поверхні. Розрізнити ці механізми на основі наявних даних неможливо: це потребує прямого визначення динаміки вмісту водорозчинних вуглеводів (фруктанів) у стеблі до і після кожної з маніпуляцій, що становить перспективний напрям подальшої роботи. Це узгоджується з висновком Gurumurthy et al. (2023) про те, що підвищена мобілізація стеблових резервів не завжди є однозначно позитивною ознакою і що дефоліація сама по собі може порушувати ефективність цього процесу [19].

Незалежно від конкретного механізму, стабільно висока маса стебла цього типу за будь-яких умов становить самостійний селекційний інтерес: підвищена структурна маса й, імовірно, механічна міцність соломини може бути позитивно пов'язана зі стійкістю до вилягання – ознакою, що прямо не досліджувалась у даній роботі, але заслуговує на цілеспрямовану перевірку у генотипів цього типу.

Тип IV. Ця група генотипів (n=14) характеризується протилежним до Типу II характером реакції – послідовно найнижчими значеннями і R3 (0,982±0,034), і R4 (0,856±0,045) серед усіх виділених груп (табл. 4), у поєднанні з помірно зниженим R2 (0,806±0,067). Це свідчить про обмежену ємність стеблового резервуара в обох напрямках: генотипи цього типу не здатні ні до суттєвого накопичення асимілятів у стеблі за зниженого попиту з боку зерна (низький R3), ні до їх повноцінної мобілізації за дефіциту донора (низький R4, найнижчий серед усіх типів).

У поєднанні зі зниженим R2 це вказує на фізіологічно найменш пластичний тип реакції в дослідженому наборі: зернівки цих генотипів достатньо чутливі до дефоліації, але при цьому позбавлені компенсаторного механізму через стеблові резерви, який міг би пом'якшити наслідки дефіциту донора.

Селекційна цінність генотипів цього типу як донорів стійкості до стресів, пов'язаних із втратою листкової поверхні, є найнижчою серед усіх виявлених типів. Водночас ці генотипи становлять самостійний інтерес як модельний матеріал для вивчення генетичних основ обмеженої реутилізації – з'ясування причин зниженої стеблової пластичності саме в цій групі може розширити розуміння фізіологічних механізмів, що визначають різницю між нею і протилежним Типом II.

Тип III. Найчисельніша група генотипів (n=29; 52,7% вибірки) характеризується значеннями всіх чотирьох індексів, близькими до середньопопуляційних (R1=1,061; R2=0,866; R3=1,066; R4=0,923), і водночас – найбільшим внутрішньогруповим розкидом серед усіх виділених груп (табл. 4; рис. 3). Це очікуваний результат для кількісної, полігенно успадковуваної ознаки: більшість генотипів дослідженого набору різного еколого-географічного походження займають проміжне положення на континуумі донорно-акцепторних відносин, не демонструючи вираженого зміщення в бік жодного з трьох контрастних типів.

Значний внутрішньокластерний розкид, у поєднанні з дифузним, без чіткого зміщення, розташуванням цієї групи в просторі головних компонент (рис. 2), вказує на те, що Тип III, найімовірніше, є не самостійним фізіологічним типом із власним специфічним механізмом, а сукупністю перехідних форм. Не виключено, що за розширення набору генотипів чи залучення додаткових ознак (наприклад, вмісту резервних вуглеводів безпосередньо) цей тип може бути диференційований на дрібніші, змістовно чіткіші підгрупи.

Висновок. Встановлено, що маніпуляції фондом метаболітів озимої пшениці спричиняють статистично значущі, фізіологічно узгоджені зміни маси 1000 зерен і маси стебла, причому реакція на дефіцит донора (дефоліація) виражена вдвічі сильніше за реакцію на зниження акцепторного навантаження, що вказує на переважання донорного лімітування наливу зерна за наявності невикористаного резерву акцепторної місткості. Багатовимірний аналіз (PCA) виявив дві незалежні осі варіабельності індексів реакції – пластичність стеблового резерву та тип донорно-акцепторного лімітування зернівки, – що обґрунтовує необхідність одночасного, а не послідовного їх врахування при типізації генотипів. На основі кластерного аналізу виділено чотири статистично достовірно розрізнені типи реакції генотипів пшениці м'якої озимої різного походження, які істотно різняться за фізіологічною природою і селекційно-генетичною цінністю: від генотипів з прихованим потенціалом крупнозерності до генотипів з підвищеною стабільністю чи, навпаки, обмеженою пластичністю стеблового резерву. Отримана типологія дозволяє обґрунтовано підійти до добору вихідного матеріалу для селекційних програм різної спрямованості – підвищення продуктивного потенціалу, стійкості до вилягання чи толерантності до стресів, пов'язаних із втратою фотосинтезувальної поверхні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Wang T.-C., Moritz A., Mabrouk M., Villar Alegría E., Arinalp B., Ganji E., Förter L., Wittkop B., Herzog E., Snowdon R. J., Stahl A., Chen T.-W. Plasticity of source-sink dynamics contributes to wheat yield stability. *Nature Communications*. 2026. Vol. 17. Article 3781. DOI: https://doi.org/10.1038/s41467-026-72330-x
2. Paul M. J., Watson A., Griffiths C. A. Linking fundamental science to crop improvement through understanding source and sink traits and their integration for yield enhancement. *Journal of Experimental Botany*. 2020. Vol. 71, No. 7. P. 2270–2280. DOI: https://doi.org/10.1093/jxb/erz480
3. Serrago R. A., Alzueta I., Savin R., Slafer G. A. Understanding grain yield responses to source–sink ratios during grain filling in wheat and barley under contrasting environments. *Field Crops Research*. 2013. Vol. 150. P. 42–51. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.05.016
4. Sanchez-Bragado R., Kim J. W., Rivera-Amado C., Molero G., Araus J. L., Savin R., Slafer G. A. Are awns truly relevant for wheat yields? A study of performance of awned/awnless isogenic lines and their response to source–sink manipulations. *Field Crops Research*. 2020.

Vol. 254. Article 107827. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107827
5. Miralles D. J., Slafer G. A. Individual grain weight responses to genetic reduction in culm length in wheat as affected by source-sink manipulations. *Field Crops Research*. 1995. Vol. 43, No. 1. P. 55–66. DOI: https://doi.org/10.1016/0378-4290(95)00041-N
6. Asseng S., Kassie B. T., Labra M. H., Amador C., Calderini D. F. Simulating the impact of source-sink manipulations in wheat. *Field Crops Research*. 2017. Vol. 202. P. 47–56. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.04.031
7. Álvaro F., Royo C., García del Moral L. F., Villegas D. Grain filling and dry matter translocation responses to source–sink modifications in a historical series of durum wheat. *Crop Science*. 2008. Vol. 48, No. 4. P. 1523–1531. DOI: https://doi.org/10.2135/cropsci2007.10.0545
8. Wingler A., Soualiou S. Overcoming physiological trade-offs between flowering time and crop yield: strategies for a changing climate. *Journal of Experimental Botany*. 2025. Vol. 76, No. 10. P. 2646–2658. DOI: https://doi.org/10.1093/jxb/eraf110
9. Rivera-Amado C., Molero G., Trujillo-Negrellos E., Reynolds M., Foulkes J. Estimating organ contribution to grain filling and potential for source upregulation in wheat cultivars with a contrasting source-sink balance. *Agronomy*. 2020. Vol. 10, No. 10. Article 1527. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy10101527
10. Zhang S., Chai H., Sun J., Zhang Y., Lu Y., Jiang D., Dai T., Tian Z. Regulatory effects of source-sink manipulations on photosynthesis in wheat with different source-sink relationships. *Plants*. 2025. Vol. 14, No. 10. Article 1456. DOI: https://doi.org/10.3390/plants14101456
11. Ershadimanesh K., Siosemardeh A., Hoseeinpanahi F. Evaluation of source–sink manipulation through defoliation treatments in promising bread wheat lines under optimal irrigation and rainfed conditions. *Frontiers in Agronomy*. 2024. Vol. 6. Article 1393267. DOI: https://doi.org/10.3389/fagro.2024.1393267
12. Wu X., Liu M., Li C., McHugh A. D., Li M., Xiong T., Liu Y., Tang Y. Source–sink relations and responses to sink-source manipulations during grain filling in wheat. *Journal of Integrative Agriculture*. 2022. Vol. 21, No. 6. P. 1593–1605. DOI: https://doi.org/10.1016/S2095-3119(21)63640-7
13. Ballesteros-Rodríguez E., Martínez-Rueda C. G., Morales-Rosales E. J., Estrada-Campuzano G., González G. F. Changes in number and weight of wheat and triticale grains to manipulation in source-sink relationship. *International Journal of Agronomy*. 2019. Vol. 2019. Article 7173841. DOI: https://doi.org/10.1155/2019/7173841
14. Maydup M. L., Antonietta M., Guiamet J. J., Graciano C., López J. R., Tambussi E. A. The contribution of ear photosynthesis to grain filling in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Research*. 2010. Vol. 119, No. 1. P. 48–58. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.06.014
15. Ahmadi A., Joudi M., Janmohammadi M. Late defoliation and wheat yield: little evidence of post-anthesis source limitation. *Field Crops Research*. 2009. Vol. 113, No. 1. P. 90–93. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.04.010
16. Ma Y.-Z., MacKown C. T., Van Sanford D. A. Differential effects of partial spikelet removal and defoliation on kernel growth and assimilate partitioning among wheat cultivars. *Field Crops Research*. 1996. Vol. 47, No. 2–3. P. 201–209. DOI: https://doi.org/10.1016/0378-4290(96)00016-0
17. Borrás L., Slafer G. A., Otegui M. E. Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crops Research*. 2004. Vol. 86 (2-3). P. 131–146. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fcr.2003.08.002
18. Heidari H. Source-sink relationship in wheat as affected by defoliation and spikelet removal. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*. 2022. Vol. 25, No. 1. P. 40–45. DOI: https://doi.org/10.15414/afz.2022.25.01.40-45
19. Gurumurthy S., Arora A., Krishna H., Chinnusamy V., Hazra K. K. Genotypic capacity of post-anthesis stem reserve mobilization in wheat for yield sustainability under drought and heat stress in the subtropical region. *Frontiers in Genetics*. 2023. Vol. 14. Article 1180941. DOI: https://doi.org/10.3389/fgene.2023.1180941

REFERENCES:

1. Wang, T.-C., Moritz, A., Mabrouk, M., Villar Alegría, E., Arinalp, B., Ganji, E., Förter, L., Wittkop, B., Herzog, E., Snowdon, R. J., Stahl, A., & Chen, T.-W. (2026). Plasticity of source-sink dynamics contributes to wheat yield stability. *Nature Communications*, *17*, Article 3781. DOI: https://doi.org/10.1038/s41467-026-72330-x
2. Paul, M. J., Watson, A., & Griffiths, C. A. (2020). Linking fundamental science to crop improvement through understanding source and sink traits and their integration for yield enhancement. *Journal of Experimental Botany*, *71*(7), 2270-2280. DOI: https://doi.org/10.1093/jxb/erz480
3. Serrago, R. A., Alzueta, I., Savin, R., & Slafer, G. A. (2013). Understanding grain yield responses to source–sink ratios during grain filling in wheat and barley under contrasting environments. *Field Crops Research*, *150*, 42-51. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.05.016
4. Sanchez-Bragado, R., Kim, J. W., Rivera-Amado, C., Molero, G., Araus, J. L., Savin, R., & Slafer, G. A. (2020). Are awns truly relevant for wheat yields? A study of performance of awned/awnless isogenic lines and their response to source–sink manipulations. *Field Crops Research*, *254*, Article 107827. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107827
5. Miralles, D. J., & Slafer, G. A. (1995). Individual grain weight responses to genetic reduction in culm length in wheat as affected by source-sink manipulations. *Field Crops Research*, *43*(1), 55-66. https://doi.org/10.1016/0378-4290(95)00041-N
6. Asseng, S., Kassie, B. T., Labra, M. H., Amador, C., & Calderini, D. F. (2017). Simulating the impact of source-sink manipulations in wheat. *Field Crops Research*, *202*, 47-56. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.04.031
7. Álvaro, F., Royo, C., García del Moral, L. F., & Villegas, D. (2008). Grain filling and dry matter translocation responses to source–sink modifications in a historical series of durum wheat. *Crop Science*, *48*(4), 1523-1531. https://doi.org/10.2135/cropsci2007.10.0545
8. Wingler, A., & Soualiou, S. (2025). Overcoming physiological trade-offs between flowering time and crop yield: strategies for a changing climate. *Journal of Experimental Botany*, *76*(10), 2646-2658. DOI: https://doi.org/10.1093/jxb/eraf110
9. Rivera-Amado, C., Molero, G., Trujillo-Negrellos, E., Reynolds, M., & Foulkes, J. (2020). Estimating organ

contribution to grain filling and potential for source upregulation in wheat cultivars with a contrasting source-sink balance. *Agronomy*, *10*(10), Article 1527. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy10101527
10. Zhang, S., Chai, H., Sun, J., Zhang, Y., Lu, Y., Jiang, D., Dai, T., & Tian, Z. (2025). Regulatory effects of source-sink manipulations on photosynthesis in wheat with different source-sink relationships. *Plants*, *14*(10), Article 1456. DOI: https://doi.org/10.3390/plants14101456
11. Ershadimanesh, K., Siosemardeh, A., & Hoseeinpanahi, F. (2024). Evaluation of source–sink manipulation through defoliation treatments in promising bread wheat lines under optimal irrigation and rainfed conditions. *Frontiers in Agronomy*, 6, Article 1393267. DOI: https://doi.org/10.3389/fagro.2024.1393267
12. Wu, X., Liu, M., Li, C., McHugh, A. D., Li, M., Xiong, T., Liu, Y., & Tang, Y. (2022). Source–sink relations and responses to sink-source manipulations during grain filling in wheat. *Journal of Integrative Agriculture*, *21*(6), 1593-1605. DOI: https://doi.org/10.1016/S2095-3119(21)63640-7
13. Ballesteros-Rodríguez, E., Martínez-Rueda, C. G., Morales-Rosales, E. J., Estrada-Campuzano, G., & González, G. F. (2019). Changes in number and weight of wheat and triticale grains to manipulation in source-sink relationship. *International Journal of Agronomy*, *2019*, Article 7173841. DOI: https://doi.org/10.1155/2019/7173841
14. Maydup, M. L., Antonietta, M., Guiamet, J. J., Graciano, C., López, J. R., & Tambussi, E. A. (2010). The contribution of ear photosynthesis to grain filling in bread wheat (Triticum aestivum L.). *Field Crops Research*, *119*(1), 48–58. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.06.014
15. Ahmadi, A., Joudi, M., & Janmohammadi, M. (2009). Late defoliation and wheat yield: Little evidence of post-anthesis source limitation. *Field Crops Research*, 113(1), 90–93. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.04.010
16. Ma, Y.-Z., MacKown, C. T., & Van Sanford, D. A. (1996). Differential effects of partial spikelet removal and defoliation on kernel growth and assimilate partitioning among wheat cultivars. *Field Crops Research*, *47*(2–3), 201–209. DOI: https://doi.org/10.1016/0378-4290(96)00016-0
17. Borrás, L., Slafer, G. A., & Otegui, M. E. (2004). Seed dry weight response to source-sink manipulations in wheat, maize and soybean: a quantitative reappraisal. *Field Crops Research*, *86*(2-3), 131-146. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fcr.2003.08.002
18. Heidari, H. (2022). Source-sink relationship in wheat as affected by defoliation and spikelet removal. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 25(1), 40–45. https://doi.org/10.15414/afz.2022.25.01.40-45
19. Gurumurthy, S., Arora, A., Krishna, H., Chinnusamy, V., & Hazra, K.K. (2023) Genotypic capacity of post-anthesis stem reserve mobilization in wheat for yield sustainability under drought and heat stress in the subtropical region. Front. Genet. 14:1180941. DOI: https://doi.org/10.3389/fgene.2023.1180941

Швець О.А., Криворученко Р.В. Реакція генотипів пшениці м'якої озимої на маніпуляції з фондом метаболітів

Метою досліджень було встановити особливості реакції широкого набору генотипів пшениці м'якої озимої різного еколого-генетичного походження на контрастні маніпуляції з фондом метаболітів (видалення половини колоса, повне видалення листків) для оцінки їх селекційно-генетичної цінності та обґрунтування напрямів подальшого використання в селекційному процесі.

Методи. Дослідження проведено впродовж 2024–2025 рр. на колекції 55 генотипів (*Triticum aestivum* L.), що включала 31 сорт вітчизняної, китайської та європейської селекції й 24 селекційні лінії. На головному пагоні кожного генотипу реалізовано три варіанти: контроль (інтактні рослини), повне видалення листків у фазу колосіння та видалення половини колосків колоса. Після достигання визначали масу 1000 зерен (М1000) і суху масу стебла. Достовірність відмінностей контроль–дослід оцінювали парним t-тестом із розрахунком Cohen's d; для кожного генотипу розраховано чотири індекси реакції (R1–R4) як відношення дослідного варіанта до контролю. Структуру взаємозв'язків між індексами встановлено методом головних компонент (PCA) з попередньою перевіркою придатності даних (тест Бартлетта, критерій KMO). Типологію генотипів визначено ієрархічною кластеризацією (метод Уорда) з подальшою перевіркою міжтипових відмінностей однофакторним дисперсійним аналізом.

Результати. Видалення половини колоса зумовило достовірне зростання М1000 (+7,0% відносно контролю; Cohen's d=1,04), тоді як повна дефоліація спричинила його зниження (-15,9%; d=2,44) – величина ефекту дефоліації вдвічі перевищувала ефект видалення колосків, що свідчить про переважання донорного лімітування наливу зерна в дослідженому генофонді. Маса стебла демонструвала дзеркальну динаміку, підтверджуючи участь стеблового резерву в компенсації дефіциту донора. PCA виявив дві незалежні осі мінливості: пластичність стеблового резерву (40,1% дисперсії) та тип донорно-акцепторного лімітування зернівки (30,9%). Кластерний аналіз виділив чотири статистично достовірно розрізнені типи реакції ($p<0,01$ для всіх індексів): з посиленою чутливістю до обмеження донора, зі стабільно високою масою стебла за обох маніпуляцій, з проміжними значеннями індексів (найчисельніший) та зі зниженою стебловою реакцією.

Висновки. Виявлена типологія генотипів пшениці м'якої озимої за характером донорно-акцепторних відносин відображає реальну фізіологічну диференціацію, а не артефакт статистичного методу, і створює диференційовану основу для добору вихідного матеріалу під конкретні селекційні завдання – підвищення потенціалу продуктивності, стійкості до вилягання чи толерантності до стресів, пов'язаних із втратою фотосинтезувальної поверхні.

Ключові слова: донорно-акцепторний баланс, дефоліація, видалення колосків, реутилізація стеблових резервів, кластерний аналіз, селекційна цінність

Shvets O.A., Kryvoruchenko R.V. Response of winter common wheat genotypes to metabolite pool manipulations

The purpose of the study was to establish the characteristics of the response of a broad set of winter common wheat(*Triticum aestivum* L.) genotypes of diverse origin to contrasting metabolite pool manipulations (half-spike removal, complete defoliation) in order to assess their breeding value and substantiate directions for their further use in breeding programs.

Methods. The study was conducted in 2024–2025 on a collection of 55 genotypes, including 31 cultivars of domestic, Chinese, and European breeding and 24 breeding lines. Three treatments were applied to the main stem of

each genotype: control (intact plants), complete defoliation at heading, and removal of half the spikelets. At full grain maturity, 1000-kernel weight (TKW) and stem dry mass were determined. The significance of control-treatment differences was assessed by paired t-test with Cohen's d; four response indices (R1–R4) were calculated for each genotype as the ratio of the treatment value to the control. The structure of relationships among the indices was established by principal component analysis (PCA), with prior verification of data suitability (Bartlett's test, KMO measure). Genotype typology was determined by hierarchical clustering (Ward's method), followed by testing of inter-type differences using one-way ANOVA.

Results. Half-spike removal caused a significant increase in TKW (+7.0% relative to control; Cohen's d=1.04), whereas complete defoliation caused its decrease (-15.9%; d=2.44) – the effect size of defoliation was twice that of spikelet removal, indicating a predominance of source limitation of grain filling in the studied germplasm. Stem mass showed a mirrored pattern, confirming the involvement of stem reserves in compensating for source deficit. PCA revealed two independent axes of variability: stem reserve plasticity (40.1% of variance) and the type of source–sink limitation of the kernel (30.9%). Cluster analysis identified four statistically distinct response types ($p<0.01$ for all indices): one with enhanced sensitivity to source limitation, one with consistently high stem mass under both treatments, one with intermediate index values (the most numerous), and one with a reduced stem response.

Conclusions. The identified typology of winter common wheat genotypes by the nature of source–sink relations reflects a genuine physiological differentiation rather than a statistical artifact, providing a differentiated basis for selecting breeding material for specific objectives – increasing yield potential, lodging resistance, or tolerance to stresses associated with loss of photosynthetic surface area.

Key words: source–sink balance, defoliation, spikelet removal, stem reserve remobilization, cluster analysis, breeding value.

Дата першого надходження статті до видання: 02.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 634.23:631.559:631.56:631.527.5:631.576:477.7
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.31

ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ПЛОДІВ ЕЛІТНИХ ФОРМ ВИШНІ (*PRUNUS CERASUS* L.) ЗАЛЕЖНО ВІД АГРОКЛІМАТИЧНИХ ЧИННИКІВ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

ЮСИПЕНКО Р.В. – аспірант
orcid.org/0009-0001-5449-3598
Інститут садівництва Національної академії аграрних наук України
МОЙСЕЙЧЕНКО Н.В. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0009-0001-6975-3970
Інститут садівництва Національної академії аграрних наук України
ВАСИЛЕНКО В.І. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0009-0000-6751-6851
Інститут садівництва Національної академії аграрних наук України
МАКАРОВА Д.Г. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0003-2017-4203
Інститут садівництва Національної академії аграрних наук України
ІГНАТЕНКО О.О. – доктор філософії з агрономії
orcid.org/0009-0009-2700-0047
Інститут садівництва Національної академії аграрних наук України
БАБЕНКО С.М. – науковий співробітник
orcid.org/0000-0002-7908-7350
Інститут садівництва Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Плоди вишні (*Prunus cerasus* L.) є цінним джерелом біологічно активних речовин, вітамінів, органічних кислот, мінеральних елементів і антиоксидантних сполук, що визначають їх високу харчову, лікувально-профілактичну та технологічну цінність [1, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17]. Водночас сучасне промислове садівництво потребує сортів і гібридних форм, які поєднують високу врожайність, великоплідність, добрі смакові якості, транспортабельність, стабільний біохімічний склад плодів та адаптивність до мінливих погодних умов. Тому комплексне оцінювання нових елітних форм вишні за господарсько-біологічними, біохімічними та органолептичними показниками є актуальним і необхідним для добору перспективного вихідного матеріалу, придатного до впровадження у промислове виробництво та використання в селекційному процесі.

Мета досліджень

Метою досліджень було провести комплексну оцінку 14 елітних форм вишні селекції ІС НААН середнього та середньопізнього термінів достигання за біохімічними, органолептичними та господарсько-біологічними показниками, визначити найбільш цінні генотипи за якістю плодів, технологічністю, адаптивністю до абіотичних стресорів весняно-літнього періоду та перспективністю їх використання у селекції й промисловому садівництві.

Об'єкти і методика. Наші дослідження біохімічного та фізіологічного складу плодів 14 елітних форм вишні проводилися у відділі зберігання, переробки та аналітичних досліджень у садівництві ІС НААН. Плоди відбирали в кількості 1 кг з кожного варіанту, в 3 повторностях. За контроль взято сорт Мальва (для середньопізньої групи) і Любительська (умовний контроль для середньої групи стиглості). Сад закладено навесні 2014 року за схемою 5 х 2,5 м (підшепа – антипка). Для підвищення достовірності даних наші дослідження проводили протягом трьох років (2023-2025).

Дослідження виконувалися згідно з «Програмою та методикою сортовивчення плодових, ягідних та горіхоплідних культур», «Методикою оцінки якості плодово-ягідної продукції ІС НААН» та «Практикумом з помології» [6, 7, 8]. Комплексне оцінювання біохімічних показників якості плодів здійснювали згідно з чинними державними стандартами та галузевими методиками [5]. Вміст розчинних сухих речовин (РСР) визначали рефрактометричним методом згідно з ДСТУ ISO 2173:2007 [2]. Титровану кислотність встановлювали шляхом нейтралізації вільних кислот згідно з ДСТУ EN 12147:2003 [3]. Вміст аскорбінової кислоти (вітаміну С) визначали методом йодометричного титрування за ДСТУ 4357:2004 [4]. Сумарний вміст фенольних сполук встановлювали фотометричним методом з реактивом Фоліна-Деніса у модифікації ІС НААН [5].

Результати досліджень. Біохімічний склад плодів вишні є важливою ознакою кожної гібридної форми, проте інтенсивність накопичення основних нутрієнтів суттєво варіює залежно від впливу біотичних та абіотичних чинників, особливо у період дозрівання. Протягом 2023–2025 рр. у зоні проведення досліджень регулярно фіксувалися весняні заморозки різної інтенсивності. Найбільш критичними стали температурні стреси 2025 року, що призвели до суттєвого зниження врожайності кісточкових культур. Етапи формування та достигання плодів супроводжувалися тривалими посушливими періодами та

© Юсипенко Р.В., Мойсейченко Н.В., Василенко В.І., Макарова Д.Г., Ігнатенко О.О., Бабенко С.М., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

екстремально високими денними температурами (понад +40 °С, зокрема у 2023–2024 рр.), які чергувалися з інтенсивними зливами. Особливо несприятлива фітосанітарна ситуація склалася у 2023 році: прохолодна дощова погода у поєднанні з сильними вітрами сприяла розвитку епіфітотій кокомікозу та моніліозу. Через низькі температури та надмірну кількість опадів у першій і другій декадах квітня початок фази цвітіння змістився на 25 квітня. Запилення проходило за відносно теплих та сухих умов (максимальна температура – +20 °С) і завершилося 17 травня. Протягом періоду активного росту та початку дозрівання плодів (червень) упродовж років досліджень спостерігалася значна контрастність у зволоженні повітря та ґрунту, що стало ключовим фактором варіювання біохімічних показників. У 2023 році червень характеризувався помірним рівнем зволоження (87 мм, або 118 % норми), що забезпечило стабільне достигання плодів та гармонійне накопичення основних нутрієнтів. 2024 рік виявився аномально дощовим: сума опадів у червні сягнула 135 мм (182 % кліматичної норми), що спричинило надмірну гідратацію тканин та ефект «розбавлення» клітинного соку. Це зумовило зниження концентрації сухих розчинних речовин та аскорбінової кислоти у більшості досліджуваних зразків. Натомість червень 2025 року відзначився як дефіцитний за зволоженням місяць (57 мм опадів у Києві, що становить 77 % норми). Така нестача вологи на фоні високої інсоляції призвела до інтенсивного випаровування та концентрації розчинних сполук у м'якоті плодів, що пояснює зафіксовані нами високі показники СРР та цукрів у поточному сезоні. Особливості температурно-водного режимів 2023-2025 рр. представлені на рисунку 1.

Вегетаційний період 2024 року характеризувався надзвичайними температурними аномаліями. Сума ефективних температур досягла рекордного показника – 3894 ºС, а періоди з температурою понад +5 °С та +10 °С тривали відповідно 296 і 270 днів. Аналіз порівняння погодних умов із попереднім роком показав значну різницю. Так у 2023 році погода була сприятлива для репродуктивних процесів вишні – рівень зав'язування плодів становив у межах 5,6–36,0 %, а у 2024 році цей показник катастрофічно знизився до 0,8–16,7 %.

Особливим викликом стала весняна хвиля заморозків, яка спостерігалася 12 та 20 квітня, зі зниженням температури повітря до –0,2…–2,3 °С. Найбільш уразливим до термічного стресу виявилася форма 2/32, яка масово абортувала зав'язь. Це призвело до критично низького рівня зав'язування вищеназваної форми – лише 0,8 %. Додатково на розвиток рослин вишні навесні 2024 року негативно вплинула значна амплітуда температур: коливання від +1,8 до +27,5 °С змусили рослини розпочати цвітіння на два тижні раніше очікуваних термінів– вже з 11 квітня. Це також вплинуло процеси цвітіння, запилення і запліднення культури. Дата початку цвітіння залежала від варіанту досліду, а саме: найбільш раннє спостерігалось у Любительської, Мальви (к.) і гібриду 1/18. Перші три дні цвітіння були оптимальними за водними і температурними показниками повітря. Середньодобова

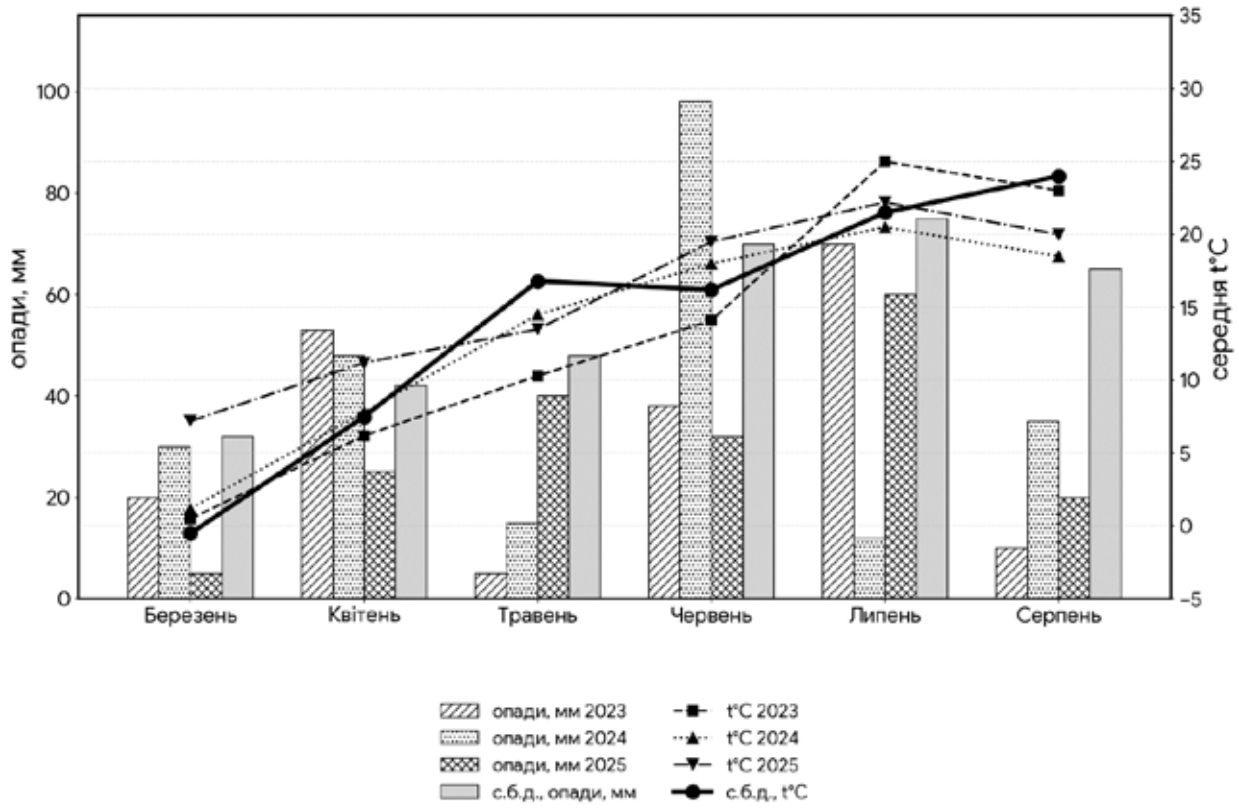


Рис. 1. Зміни температурно-водного режиму під час активної вегетації вишні у 2023–2025 рр., насадження сортовивчення ІС НААН

температура склала 15-18°, максимальна денна в межах 20-24°С, що сприяло льоту бджіл. Проте подальше похолодання з 14 по 26 квітня нижче +10 °С та проливні дощі сильно обмежили активність комах-запилювачів. Масове цвітіння досліджуваних варіантів припало на ці несприятливі умови. Кращі показники зав'язування визначені у форм 2/54 (10,4), 1/21 (11,1), 2/39 (16,6), сорту Любительська (16,7 %).

Метеорологічні умови 2025 року характеризувалися різкими коливаннями температурного та водного режимів. Початок вегетаційного періоду супроводжувався тривалим похолоданням (з 15 березня до середини квітня). Найбільш критичним фактором стали потужні радіаційні заморозки у першій декаді квітня (до –4,6…–7,0 °С), що припали на фазу формування бутонів. Це спричинило пошкодження маточок (приймочки та стовпчики) у 8–50 % генеративних бруньок залежно від генотипу. Найвищу стійкість до весняних заморозків виявили гібридні форми 1/21 та 1/18 (8 % підмерзання), тоді як у контрольного сорту Мальва та форми 2/39 цей показник сягнув 50 %. Сталий перехід через +10 °С зафіксовано 13.04.2025 р., що зумовило стрімкий розвиток дерев та початок цвітіння у період з 16 по 22 квітня. Фаза цвітіння була короткотривалою (8–12 днів) і проходила за умов низької відносної вологості повітря (18–46 %). Літньо-осінній період відзначався екстремальною повітряною та ґрунтовою посухою, особливо у серпні, коли денні температури перевищували +30…40 °С (граф. 1). Попри аномальні умови, більшість зразків продемонстрували високу адаптивність. Загальна інтенсивність цвітіння протягом 2023–2025 рр. залишалася високою (7–9 балів), причому найбільш стабільний і короткий період цвітіння відмічено у форми 1/21, а подовжений – у 1/3, 1/18, 2/32 та 2/70.

Визначальним критерієм господарської цінності сортів вишні, поряд із продуктивністю, є товарна якість плодів [6, 7, 8]. Останній показник об'єднує комплекс характеристик, які включають морфометричні параметри (зокрема, розмір і масу плодів), органолептичні властивості (естетична привабливість, забарвлення, текстура м'якоті та смакові якості), а також біохімічний склад плодів. Сукупність усіх зазначених вище складових оцінювання обумовлює конкурентоспроможність майбутніх сортів на ринку та економічну ефективність їх вирощування в Україні.

Маса плодів є ключовим показником, який визначає естетичну привабливість і господарську цінність сортів плодових культур. У ході проведеного дослідження до категорії великоплідних були віднесені сорти 1/3 та 2/54 (табл. 1). Незважаючи на істотні зміни агрокліматичних умов у період росту, середня маса плодів цих форм знаходилася в діапазоні 6,1–7,1 грамів. Серед досліджуваних зразків гібрид 2/60 виявився винятковим за показником маси плоду, який становив 8,0 грамів. Водночас обмежена врожайність цього гібрида, яка складає всього 1,5 т/га, значною мірою знижує його промислову цінність. Таким чином, використання гібрида 2/60 як перспективного селекційного матеріалу має вищий пріоритет у порівнянні з його впровадженням у промислове виробництво.

Серед інших варіантів відзначено форми 2/45, 1/18, 2/30, 1/20 і 2/39, плоди яких мають масу вище середнього (4,1–4,9 г). Натомість решта елітних форм характеризується наявністю великих плодів із масою понад 5,0 г, що є перспективним для їх використання в умовах промислового садівництва. За показником одномірності продукції протягом років досліджень найбільш стабільними

Таблиця 1

Оцінка якості плодів елітних форм вишні за 2023-2025 рр., ІС НААН

Елітні форми	Середня маса плоду, г	Середня маса кісточки, г	Розмір поперечного діаметра, мм	Висота, мм	Індекс розміру	Загальна дегустаційна оцінка, бали
Любительська (умовний контроль)	5,7±0,3	0,3	2,0	1,8	1,1	8,2
2/60	8,0±0,3	0,32	2,0	1,9	1,0	8,6
2/54	7,1±1,0	0,40	2,3	2,0	1,1	8,4
1/3	6,1±0,7	0,30	2,0	2,2	0,9	8,0
1/68	5,7±0,3	0,28	2,2	1,6	1,3	8,8
2/70	5,9±0,5	0,3	2,3	1,7	1,3	8,0
1/21	5,1±0,5	0,3	2,1	1,7	1,2	8,7
2/45	4,1±0,1	0,3	1,8	1,6	1,1	8,5
Мальва (к.)	5,8±0,1	0,31	2,2	1,6	1,3	8,1
2/39	4,3±0,5	0,35	2,2	1,9	1,1	8,1
2/32	5,3±0,1	0,23	2,1	1,7	1,2	7,8
1/20	4,7±0,2	0,3	2,0	1,7	1,1	8,6
1/5	5,7±0,3	0,3	2,0	1,6	1,2	8,2
1/18	4,8±0,2	0,28	1,8	1,7	1,0	8,4
2/30	4,8±0,2	0,26	2,0	1,7	1,1	7,7
2/12	4,0±0,0	0,3	2,0	1,5	1,3	8,0

виявилися сорт Любительська та форма 2/32, у яких частка однорідних плодів становила 80–85 %. Однак, в умовах підвищеної сонячної інсоляції, що спостерігалася в 2025 році, значна частина врожаю (до 28 %) зазнала пошкоджень унаслідок сонячних опіків. Цей фактор потребує врахування під час визначення придатності зразків генетичного різноманіття вишні до конкретних зон вирощування.

Важливе значення при технологічній оцінці має співвідношення маси плоду до кісточки, оскільки це визначає частку м'якоті. Зокрема, у форм 2/39, 2/54 і 1/3 зафіксовано більшу масу кісточки відносно до об'єму м'якоті. Так, форма 2/54 має найбільшу масу кісточки (0,4 г), проте завдяки високій загальній масі плоду її частка становить лише 5,6 %. У випадку зразка 2/39 цей показник досягає 8,1 %, що знижує доцільність його використання для технічної переробки.

Важливою складовою м'якоті є вода, вміст якої для культури вишні зазвичай становить 75–84 % [1, 13, 16]. У межах проведеного дослідження цей показник змінювався в діапазоні від 78,55% (зразок 1/20) до 85,86% (сорт Любительська). Така висока гідратація тканин свідчить про значну соковитість плодів, особливо у зразків середньої групи стиглості, що позитивно впливає на їхні десертні характеристики. Згідно з комплексною оцінкою помологічних та органолептичних характеристик, яка враховувала масу, розмірні параметри плодів та високі дегустаційні показники (8,6–8,8 бали), до групи найкращих гібридних форм віднесено 2/60, 1/68, 1/21 та 1/20 (табл. 1). Ці дослідні форми характеризуються оптимальним поєднанням привабливості зовнішнього вигляду, великоплідності та високих смакових якостей, що робить їх пріоритетними для подальшого сортовипробування та використання в промисловому садівництві.

Суттєву роль відіграє величина кісточки, за рахунок якої відсоток відходів стає значно вищим. У дослідних форм вишні 2/39, 2/54 і 1/3 кісточка більша, проте при оцінці якості плодів необхідно враховувати співвідношення м'якоті до кісточки. Так, у форми 2/54 кісточка більша, ніж у інших зразків, а саме 0,4 г, але співвідношення м'якоті до кісточки менше (6,3 %) ніж у варіанта 2/39 в якого цей відсоток склав 7,7, що характеризує її як малопридатну до переробки.

Згідно з результатами численних досліджень, концентрація сухих розчинних речовин (СРР) у плодах вишні коливається в межах 14,1–17,6 % [1]. Цей показник вважається інтегральним критерієм якості, оскільки він визначає не лише харчову цінність і органолептичні характеристики плодів, а й впливає на щільність їхньої м'якоті та технологічну придатність до подальшої переробки. Упродовж періоду 2023–2025 років середній вміст СРР у відібраних елітних формах визначався як високий і становив 16,7 ± 0,68 % (табл. 2).

Проведені аналізи виявили значну варіативність хімічного складу плодів, залежну від термінів їх дозрівання. Так, зразки із групи середньої стиглості накопичували нижчий вміст СРР (14,27–16,59 %) порівняно зі зразками середньопізньої групи (15,03–21,45 %). Ця закономірність

Таблиця 2

Біохімічний склад плодів вишні за 2023-2025 рр.

Елітні форми	Сухі розчинні речовини	Кислотність	Загальна кількість цукрів	Аскорбінова кислота, мг/100 г сирої маси	ЦКІ	Фенольні речовини, мг/100 г
	%/100 г сирої маси					
Середньої стиглості						
Любительська (умовний к.)	14,14±0,33	1,33±0,12	6,57±0,36	11,78±0,70	4,9	432,0±8
2/60	15,8±0,32	1,42±0,12	7,10±1,0	10,80±0,50	5,0	386,0±19
2/54	16,59±0,79	1,52±0,08	8,68±0,38	9,83±0,62	5,7	512±37
1/3	15,19±0,21	1,43±0,07	7,48±0,24	10,18±0,48	5,2	400±3
1/68	15,12±0,28	1,29±0,11	6,98±0,17	11,38±0,58	5,4	407±4
2/70	14,27±0,22	1,26±0,11	11,83±0,73	8,82±0,25	9,4	594±21
1/21	19,42±0,99	1,41±0,17	8,84±1,5	13,10±0,70	6,2	607±16
2/45	15,10±0,24	1,40±0,09	7,32±0,23	9,10±0,45	5,2	395±18
Середньо пізньої стиглості						
Мальва (к.)	16,50±0,82	1,37±0,03	8,88±0,53	9,84±0,48	6,3	434±11
2/39	16,42±0,53	1,66±0,10	8,36±0,14	9,27±0,61	5,0	421±11
2/32	15,03±1,24	2,13±0,04	11,54±0,54	11,60±0,65	5,4	417±6
1/20	21,45±0,8	1,26±0,07	8,73±0,38	11,22±0,69	6,9	490±9
1/5	19,07±1,58	1,40±0,16	8,10±0,20	10,56±0,42	5,7	460±26
1/18	16,51±0,97	1,63±0,07	8,29±0,27	11,18±0,39	5,1	333±14
2/30	18,12±0,40	1,93±0,09	8,34±0,15	10,19±0,34	4,3	383±5
2/12	16,54±0,52	1,26±0,10	8,30±0,21	10,12±0,46	6,5	396±12
Середній показник	16,7±0,68	1,5±0,09	8,5±0,47	10,7±0,5	5,7±	448,3±13,5

обумовлена генетичними особливостями ранньостиглих генотипів, які мають коротший період формування врожаю. Єдиним винятком стала середньостигла форма 1/21, яка значно перевищила типові показники своєї групи за рівнем СРР (19,42 %).

Мінімальні значення СРР були зафіксовані у сорті Любительська (14,14 %) і формі 2/70 (14,27 %), що дозволяє класифікувати ці зразки як найбільш соковиті. У той же час середньопізні форми 1/5 (19,07 %) і 1/20 (21,45 %) виявили підвищені показники СРР. Це свідчить про їхню вищу щільність м'якоті, що позитивно впливає на транспортабельність і здатність до тривалого зберігання.

У процесі досліджень було відзначено загальне зниження рівня СРР у всіх представлених зразках протягом 2024 року. Основною причиною цього явища були екстремально високі температури в період дозрівання плодів. Висока температура сприяла прискоренню фізіологічних процесів, що, у свою чергу, призвело до зменшення інтенсивності акумуляції розчинних сполук.

Органічні кислоти є ключовими компонентами хімічного складу плодів вишні, поєднання яких складає гармонійний смак і додає свої унікальні дієтичні властивості [1, 13, 16]. Дієтична перевага органічних кислот плодів вишні для здоров'я людини – це стимуляція секреторної функції шлунково-кишкового тракту, захист клітин від окислювального стресу, уповільнення процесів старіння, зміцнення стінок кровоносних судин, виведення токсинів тощо [13, 14]. Згідно з літературними даними, загальний вміст кислот у плодах вишні коливається від 0,7 % до 1,98 % сирої маси, у стиглих плодах якої основною кислотою є яблучна [1, 16].

Проведені дослідження показали, що мінімальний вміст органічних кислот спостерігався у форм середньої групи стиглості 1/68 (1,29 %), 2/60 (1,42 %), 2/70 (1,26 %) та середньопізньої форми 1/20 (1,26 %), що є нижчим порівняно з контрольними сортами. Максимального рівня кислотності серед досліджуваних зразків досягли форми 2/30 та 2/32 із вмістом кислот відповідно 1,93 % та 2,13% (табл. 2).

Основну масу сухих розчинних речовин (СРР) у плодах вишні становлять моносахариди (глюкоза та фруктоза), які грають важливу роль у формуванні енергетичної цінності та смакових якостей. За багаторічними даними, вміст цукрів у плодах вищеназваної культури варіює від 7,3 до 14% (табл. 2). У межах нашого дослідження показник коливався від 6,57 % (контрольний сорт Любительська) до 11,83 % (форма 2/70). Важливо зазначити, що форма 2/70 перевершила контрольний сорт на 5,26 % за рівнем цукрів, що робить її перспективною для селекції десертних сортів.

Серед форм середньопізнього строку стиглості більшість мали вміст цукрів на рівні контрольного сорту Мальва (8,88 %). Однак елітна форма 2/32 вирізнялася найвищим показником – 11,54 %, що перевищує контроль на 2,66 %. Поєднання високого вмісту цукрів із рекордною кислотністю (2,13 %) забезпечує високу екстрактивність плодів цієї форми, попри її помірний цукрово-кислотний індекс, що забезпечує високу якість продуктів переробки для цього варіанту.

Смакові властивості плодів вишні значною мірою визначаються співвідношенням загальної концентрації цукрів до титрованої кислотності, яке відображається через показник цукрово-кислотного індексу (ЦКІ) [1, 16]. Оптимальними для забезпечення гармонійного кисло-солодкого смаку є форми з ЦКІ у межах 6,3–6,9, що спостерігалося у зразках 1/21, 2/12 та 1/20. Ці значення підтвердилися високими результатами дегустаційної оцінки – 8,6–8,7 бала. Серед досліджених зразків особливо вирізняється елітна форма 2/70, яка демонструє найвищий показник ЦКІ – 9,4, у понад два рази перевищуючи відповідне значення контрольного сорту Любительська (4,9). Такий показник обумовлений значним накопиченням цукрів (11,83 %) за низької концентрації кислотності (1,26 %), що формує виражений солодкий смак із ледь помітною кислинкою. У той же час сорт Любительська мав менш насичений смак, який відзначений більш прісним.

Найнижчий показник ЦКІ зафіксовано у форми 2/30 (4,3). Це пояснюється високим вмістом органічних кислот (1,93 %) при середній концентрації цукрів, що супроводжується найнижчим дегустаційним балом серед зразків (7,7) та зумовлює переважно кислий смак плодів. Серед форм середньопізнього терміну дозрівання привертає увагу зразок 2/32. Для нього характерний високий вміст сухих речовин (цукри – 11,54 %, кислоти – 2,13 %), однак специфічне співвідношення цих компонентів спричинило лише помірний ЦКІ на рівні 5,4; дегустаційна оцінка – 7,8 бала. Більшість інших вивчених форм належать до кисло-солодкого типу за смаковими характеристиками (ЦКІ 5,0–5,7).

Згідно із вимогами національного стандарту України ДСТУ 8325:2015, до першого товарного сорту було зараховано плоди елітних форм 1/21 та 1/20. Вони вирізняються не лише гармонійним поєднанням смакових властивостей, а й високими товарними показниками, такими як типовість плодів, діаметр понад 16 мм, стійкість до уражень шкідниками та хворобами. Крім того, для цих форм характерний сухий відрив від плодоніжки, що є суттєвою перевагою для транспортування і механізованого збору урожаю.

Аскорбінова кислота (вітамін С) у плодах вишні відіграє ключову роль у формуванні антиоксидантного статусу та капіляростабілізуючого ефекту, посилюючи біологічну активність фенольних сполук завдяки явищу синергізму [1, 9, 14]. За багаторічними даними, вміст вітаміну С у плодах вишні в умовах України варіює в межах 5,6–22,0 мг/100 г сирої маси [1, 9]. У результаті проведених досліджень (2023–2025 рр.) встановлено, що у елітних форм цей показник становив від 8,82 до 13,10 мг/100 г, що свідчить про високу поживну цінність відібраних зразків. Мінімальний вміст аскорбінової кислоти зафіксовано у форми 2/70 (8,82 мг/100 г). Натомість групу з високим вмістом вітаміну С (11,18–13,10 мг/100 г) склали контрольний сорт Любительська, а також форми 1/68, 1/20, 2/32, 1/18 та лідер за цим показником – форма 1/21. Важливою ознакою досліджуваних форм 1/20, 1/21 та 1/68 є висока стабільність смакових якостей плодів за роками (варіативність показників у межах ±0,5…0,7), тоді як у форм 2/30 та 2/60 спостерігалася значна мінливість (±2,3…2,5).

Плоди вишні характеризуються високим вмістом фенольних речовин (антоціанів, флавонолів, катехінів та фенолкарбонових кислот), які визначають органолептичний профіль, ступінь стиглості та біологічну активність продукції (антисклеротичну, протизапальну та тонізуючу дію) [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17]. За літературними джерелами, типовий вміст цих сполук у вишні знаходиться в межах 0,05–0,2 %. Проте у всіх досліджуваних нами варіантах цей показник суттєво перевищував зазначений поріг і становив в середньому по варіантах 441,7–448,3 мг/100 г (або близько 0,44–0,45 % на сиру масу). Найвищою концентрацією фенольних речовин характеризувалися форми 1/21 (607 мг/100 г), 2/70 (594 мг/100 г) та 2/54 (512 мг/100 г). Окремо слід виділити форму 2/70: попри низький вміст аскорбінової кислоти, вона акумулює значну кількість антиоксидантів фенольної природи та має найвищий цукрово-кислотний індекс (9,4) Це робить її перспективною для десертного використання. Найнижчі показники вмісту фенольних сполук зафіксовано у форм 1/18, 2/30 та 2/60 (333–386 мг/100 г), що все одно залишається вищим за середньостатистичну норму для культури вишні.

Комплексна оцінка перспективних гібридних форм неможлива без аналізу їхньої продуктивності. Упродовж 2023–2025 років, попри несприятливі агрокліматичні умови двох останніх облікових періодів, середня врожайність форм середнього (1/21, 1/68) і середньопізнього строку достигання (1/20) відповідала рівню контрольних сортів або навіть перевищувала його (табл. 3).

Зокрема, форми 1/68, 1//21 та 1/20 формували врожайність на рівні 8,2-9,0 т/га (середня), що є статистично значущим результатом порівняно з контролем ($НІР_{05}$ = 0,8–1,6). У той же час зразки 2/60, 1/3 і 2/70, хоча й вирізнялися високими дегустаційними якостями та великоплідністю, мали низьку врожайність (1,4–2,4 т/га). Враховуючи ці особливості, зазначені форми доцільно залучати в подальшу селекційну роботу як джерела ознаки великоплідності, але вони не мають промислової перспективності як самостійні сорти.

Для статистичної оцінки достовірності отриманих результатів у нашій роботі використано показник найменшої істотної різниці ($НІР_{05}$). Цей параметр визначає математичну межу, за якої відмінності у врожайності між досліджуваними об'єктами вважаються доведеними при 5%-му рівні значущості. Будь-яка різниця між середніми показниками продуктивності, що перевищує встановлене значення НІР, є достовірною та обумовленою біологічними особливостями конкретної цінної селекційної форми, тоді як менші відхилення трактуються як випадкові. Відносно високі значення НІР у одиницях вимірювання кг/дерево (1,50–2,00 кг) та т/га (1,20–1,60 т) зумовлені специфікою проведення польових досліджень у відкритому ґрунті. Основним чинником зростання похибки стала значна амплітуда варіативності врожайності: протягом років випробувань. Розрив між мінімальною та максимальною продуктивністю становив від 0,8 до 12,0 т/га. Такий розмах даних природно збільшує загальну дисперсію та, як наслідок, розрахунковий показник НІР.

Додатковий вплив на статистичні параметри мали екстремальні абіотичні стреси 2024–2025 років. Весняні заморозки та тривала літня посуха спричинили нерівномірне навантаження врожаєм навіть у межах однієї

Таблиця 3

Урожайність елітних форм вишні за 2023-2025 рр., ІС НААН.

Сорти та елітні гібридні форми	Урожайність						Середнє	
	2023 р.		2024 р.		2025 р.			
	кг/дер	т/га	кг/дер	т/га	кг/дер	т/га	кг/дер.	т/га
Любительська (к.)	14,5	11,6	8,5	6,8	7,5	6,0	10,2	8,2
2/60	3,0	2,4	1,0	0,8	1,5	1,2	1,8	1,4
2/54	5,0	4,0	3,5	2,8	5,0	4,0	4,5	3,6
1/3.	4,5	3,6	2,0	1,6	1,5	1,2	2,7	2,2
1/68	15,0	12,0	5,5	4,4	10,5	8,4	10,3	8,2
2/70	4,0	3,2	2,5	2,0	2,5	2,0	3,0	2,4
1/21.	11,5	9,2	7,5	6,0	14,5	11,6	11,2	9,0
2/45	4,0	3,2	2,0	1,6	3,0	2,4	3,0	2,4
Мальва (к.)	6,0	4,8	5,0	4,0	7,0	5,6	6,0	4,8
2/39	5,0	4,0	6,5	5,2	5,0	4,0	5,5	4,4
1/18.	9,0	7,2	5,5	4,4	2,0	1,6	5,5	4,4
2/30	4,0	3,2	2,5	2,0	3,0	2,4	3,2	2,6
1/5	6,0	4,8	4,5	3,6	4,0	3,2	4,8	3,8
1/20	12,0	9,6	7,5	6,0	12,5	10,0	10,7	8,6
2/32	6,0	4,8	3,5	2,8	7,5	6,0	5,7	4,6
2/12	4,0	3,2	1,0	0,8	4,5	3,6	3,2	2,6
НІР	1,5	1,2	2,0	1,6	1,75	1,4	1,0	0,8

гібридної форми, що призвело до зростання середньоквадратичного відхилення. При щільності посадки 800 дерев на гектар похибка у 1,2–1,5 кг на одну рослину трансформується у вагому цифру в масштабах площі, що є типовим для сортовивчення кісточкових культур у зоні Лісостепу. Водночас слід зазначити, що найменший показник $НІР_{05}$ (0,80 т/га) отриманий саме для середнього трирічного значення врожайності. Це свідчить про високу достовірність та репрезентативність багаторічних даних, оскільки усереднення показників за повний цикл досліджень дозволяє нівелювати випадкові річні коливання та об'єктивно виділити найбільш адаптивні та високоврожайні цінні гібридні форми.

Екстремальні агрокліматичні умови 2025 року стали лімітуючим фактором для реалізації потенційної продуктивності культури вишні. Аналіз отриманих результатів засвідчив виразну обернену залежність між ступенем термічного пошкодження маточок квітневими заморозками та фінальною продуктивністю насаджень. Зокрема, у форм із високим рівнем підмерзання (2/60 і 1/3) спостерігалося суттєве зниження валового збору плодів – до 1,2 т/га, що на 32–50 % нижче за показники сприятливого 2023 року. Натомість форми 1/68, 1/21 та 1/20, завдяки поєднанню високої регенераційної здатності та генетичної стійкості до температурних стресорів, забезпечили стабільну врожайність на рівні 10,5-14,5 т/га навіть за умов низької вологості повітря (18–46 %) у період запилення. Це визначає гібридні форми вишні 1/20 і 1/21 як найбільш пристосовані до абіотичних факторів весняного періоду в умовах Західного Лісостепу України, спричинених кліматичними змінами.

Висновки. За результатами досліджень 2023-2025 рр. встановлено, що плоди елітних форм вишні 1/21, 1/20 та 2/30 відзначаються високою технологічністю (придатністю до переробки) та транспортабельністю. Аналіз вмісту цукрів, органічних кислот та їхнього співвідношення засвідчив, що оптимальні смакові властивості (цукрово-кислотний індекс) мають зразки 1/21, 1/20 і 2/12. За вмістом аскорбінової кислоти для вишні середнього строку достигання виділено сорт Любительська, а також форми 1/68 і 1/21; серед середньопізніх – 1/18, 1/20 і 2/32. Найвищу концентрацію фенольних сполук зафіксовано у формах 1/21, 2/54, 2/70. Форми 1/3, 2/54, 2/60 і 2/70 ідентифіковано як джерела великоплідності для подальшого селекційного процесу.

За комплексом господарсько-цінних ознак (біохімічний склад плодів, дегустаційна оцінка, врожайність) елітні форми 1/21, 1/20 та 1/68 рекомендовано до внесення в Державний реєстр сортів рослин України та впровадження у промислове садівництво в зоні Західного Лісостепу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Єжов В. М., Гриник І. В. Біохімія плодових культур. Київ : ПП «Санспарель», 2020. 364 с. ISBN 978-966-96574-43-5. URL: https://sad-institut.com.ua/ua/proponuemo/knigi/kniga_-biohimiya-plodovih-kultur.html (дата звернення: 04.08.2026).
2. Продукти перероблення фруктів та овочів. Визначання вмісту розчинних сухих речовин рефрактометричним методом : ДСТУ ISO 2173:2007. Чинний від 01.01.2007. URL: https://budstandart.com (дата звернення: 04.08.2026).
3. Соки фруктові та овочеві. Визначання титрованої кислотності : ДСТУ EN 12147:2003. Чинний від 01.01.2003. URL: https://budstandart.com (дата звернення: 04.08.2026).
4. Продукти перероблення фруктів та овочів. Визначання вмісту вітаміну С : ДСТУ 4357:2004. Чинний від 01.01.2004. URL: https://dsau.dp.ua (дата звернення: 04.08.2026).
5. Біохімічні методи аналізу в садівництві / за ред. О. В. Бублика. Київ : Інститут садівництва НААН, 2018. URL: https://sad-institut.com.ua (дата звернення: 04.08.2026).
6. Методика проведення експертизи сортів рослин групи плодових, ягідних, горіхоплідних, субтропічних та винограду на придатність до поширення в Україні / за ред. С. О. Ткачик ; уклад.: З. Б. Києнко, В. М. Матус та ін. 2-ге вид., випр. і доп. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 85 с. ISBN 978-966-924-588-5. URL: https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7e559aa79ba.pdf
7. Методика проведення експертизи сортів вишні звичайної і вишнево-черешневих гібридів (Prunus cerasus L., Prunus × gondouinii (Poit. & Turpin) Rehder) на відмінність, однорідність і стабільність. Затверджено наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України від 04.10.2023 № 1754. Київ, 2023. URL: https://sops.gov.ua/uploads/blank/4/methodic/vyshnia%20zvychaina%2C%20vyshnevo-chereshnevyi%20hibryd%20.pdf
8. Кондратенко Т. Є. Практикум з помології. Київ, 2000. 152 с. URL: https://sad-institut.com.ua/ua/naukovtsi-institutu/kondratenko-t.e.html
9. Жигло Ф. А., Попович В. П., Олійник П. В., Шурин Р. М. Вітаміноносні лікарські рослини. Львів : Світ, 1992. 152 с. ISBN 5-7707-1655-X. URL: https://catalog.lounb.org.ua/bib/634646 (дата звернення: 04.08.2026).
10. Вишня звичайна // Фармацевтична енциклопедія. URL: https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1740/vishnya (дата звернення: 04.08.2026).
11. Seeram N. P., Momin R. A., Nair M. G., Bourquin L. D. Cyclooxygenase inhibitory and antioxidant cyanidin glycosides in cherries and berries. Phytomedicine. 2001. Vol. 8, No. 5. P. 362–369. URL: https://doi.org/10.1016/S0944-7113(01)80049-9
12. Wang H., Nair M. G., Strasburg G. M., Chang Y. C., Booren A. M., Gray J. I., DeWitt D. L. Antioxidant and anti-inflammatory activities of anthocyanins and their aglycon, cyanidin, from tart cherries. Journal of Natural Products. 1999. Vol. 62, No. 2. P. 294–296. URL: https://doi.org/10.1021/np980501m
13. McCune L. M., Kubota C., Stendell-Hollis N. R., Thomson C. A. *Cherries and health: a review*. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2011. Vol. 51. No. 1. P. 1–12. URL: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408390903001719
14. Kelley D. S., Adkins Y., Laugero K. D. *A Review of the Health Benefits of Cherries*. *Nutrients*. 2018. Vol. 10. No. 3. Article 368**.** URL: https://www.mdpi.com/2072-6643/10/3/368.
15. Serrano M., Guillén F., Martínez-Romero D., Castillo S., Valero D. Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening stages. Journal of

Agricultural and Food Chemistry. 2005. Vol. 53, No. 7. P. 2741–2745. URL: https://doi.org/10.1021/jf0479160
16. Usenik V., Fabčič J., Štampar F. Sugars, organic acids, phenolic composition and antioxidant activity of sweet cherry (Prunus avium L.). Food Chemistry. 2008. Vol. 107, No. 1. P. 185–192. URL: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.004
17. Gonçalves B., Silva A. P., Moutinho-Pereira J., Bacelar E., Rosa E., Meyer A. S. Effect of ripeness and postharvest storage on the evolution of colour and anthocyanins in cherries (Prunus avium L.). Food Chemistry. 2007. Vol. 103, No. 3. P. 976–984. URL: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.039

REFERENCES:

1. Iezhov, V.M., & Hrynyk, I.V. (2020). Biokhimiia plodovykh kultur [Biochemistry of fruit crops]. Kyiv: PP Sansparel, 364 p. ISBN 978-966-96574-43-5. URL: https://sad-institut.com.ua/ua/proponuemo/knigi/kniga_-biohimiya-plodovih-kultur.html [in Ukrainian].
2. Produkty pereroblennia fruktiv ta ovochiv. Vyznachennia vmistu rozchynnykh sukhykh rechovyn refraktometrychnym metodom (2007) [Processed fruit and vegetable products. Determination of soluble solids content by the refractometric method]. DSTU ISO 2173:2007, effective from 01.01.2007. URL: https://budstandart.com [in Ukrainian].
3. Soky fruktovi ta ovochevi. Vyznachennia tytrovanoi kyslotnosti (2003) [Fruit and vegetable juices. Determination of titratable acidity]. DSTU EN 12147:2003, effective from 01.01.2003. URL: https://budstandart.com [in Ukrainian].
4. Produkty pereroblennia fruktiv ta ovochiv. Vyznachennia vmistu vitaminu C (2004) [Processed fruit and vegetable products. Determination of vitamin C content]. DSTU 4357:2004, effective from 01.01.2004. URL: https://dsau.dp.ua [in Ukrainian].
5. Bublyk, O.V. (Ed.) (2018). Biokhimichni metody analizu v sadivnytstvi [Biochemical methods of analysis in horticulture]. Kyiv: Institute of Horticulture of NAAS. URL: https://sad-institut.com.ua [in Ukrainian].
6. Tkachenyk, S.O. (Ed.), Kyienko, Z.B., Matus, V.M., et al. (2016). Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy plodovykh, yahidnykh, horikhoplidnykh, subtropichnykh ta vynohradu na prydatnist do poshyrennia v Ukraini [Methodology for examination of plant varieties of fruit, berry, nut, subtropical crops and grapevine for suitability for distribution in Ukraine]. 2nd ed., rev. and suppl. Vinnytsia: FOP Korzun D.Yu., 85 p. ISBN 978-966-924-588-5. URL: https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7e559aa79ba.pdf [in Ukrainian].
7. Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv vyshni zvychainoi i vyshnevo-chereshnevykh hibrydiv (Prunus cerasus L., Prunus × gondouinii (Poit. & Turpin) Rehder) na vidminnist, odnoridnist i stabilnist (2023) [Methodology for examination of varieties of sour cherry and sour cherry–sweet cherry hybrids (Prunus cerasus L., Prunus × gondouinii (Poit. & Turpin) Rehder) for distinctness, uniformity and stability]. Approved by Order of the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine No. 1754 dated 04.10.2023. Kyiv. URL: https://sops.gov.ua/uploads/blank/4/methodic/vyshnia%20zvychaina%2C%20vyshnevo-chereshnevyi%20hibryd%20.pdf [in Ukrainian].
8. Kondratenko, T.Ye. (2000). Praktykum z pomolohii [Practical course in pomology]. Kyiv, 152 p. URL: https://sad-institut.com.ua/ua/naukovtsi-institutu/kondratenko-t.e.html [in Ukrainian].
9. Zhyhlo, F.A., Popovych, V.P., Oliinyk, P.V., & Shuryn, R.M. (1992). Vitamino-nosni likarski roslyny [Vitamin-bearing medicinal plants]. Lviv: Svit, 152 p. ISBN 5-7707-1655-X. URL: https://catalog.lounb.org.ua/bib/634646 [in Ukrainian].
10. Vyshnia zvychaina [Sour cherry]. Farmatsevtychna entsyklopediia URL: https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/1740/vishnya [in Ukrainian].
11. Seeram, N.P., Momin, R.A., Nair, M.G., & Bourquin, L.D. (2001). Cyclooxygenase inhibitory and antioxidant cyanidin glycosides in cherries and berries. Phytomedicine, 8(5), 362–369. URL: https://doi.org/10.1016/S0944-7113(01)80049-9.
12. Wang, H., Nair, M.G., Strasburg, G.M., Chang, Y.C., Booren, A.M., Gray, J.I., & DeWitt, D.L. (1999). Antioxidant and anti-inflammatory activities of anthocyanins and their aglycon, cyanidin, from tart cherries. Journal of Natural Products, 62(2), 294–296. URL: https://doi.org/10.1021/np980501m.
13. McCune, L.M., Kubota, C., Stendell-Hollis, N.R., & Thomson, C.A. (2011). Cherries and health: a review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 51(1), 1–12. URL: https://doi.org/10.1080/10408390903001719.
14. Kelley, D.S., Adkins, Y., & Laugero, K.D. (2018). A review of the health benefits of cherries. Nutrients, 10(3), Article 368. URL: https://doi.org/10.3390/nu10030368.
15. Serrano, M., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., & Valero, D. (2005). Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening stages. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(7), 2741–2745. URL: https://doi.org/10.1021/jf0479160.
16. Usenik, V., Fabčič, J., & Štampar, F. (2008). Sugars, organic acids, phenolic composition and antioxidant activity of sweet cherry (Prunus avium L.). Food Chemistry, 107(1), 185–192. URL: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.004.
17. Gonçalves, B., Silva, A.P., Moutinho-Pereira, J., Bacelar, E., Rosa, E., & Meyer, A.S. (2007). Effect of ripeness and postharvest storage on the evolution of colour and anthocyanins in cherries (Prunus avium L.). Food Chemistry, 103(3), 976–984. URL: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.039.

Юсипенко Р.В., Мойсейченко Н.В., Василенко В.І., Макарова Д.Г., Ігнатенко О.О., Бабенко С.М. Продуктивність та якісні показники плодів елітних форм вишні (Prunus cerasus L.) залежно від агрокліматичних чинників західного Лісостепу України

Метою досліджень було здійснити комплексне оцінювання 14 елітних форм вишні селекції ІС НААН середнього та середньопізнього строків достигання за сукупністю біохімічних, органолептичних і господарсько-біологічних ознак, встановити найбільш цінні генотипи за показниками якості плодів, технологічними властивостями, адаптивністю до абіотичних стресових чинників весняно-літнього періоду та визначити перспективність їх залучення до селекційного процесу і промислового садівництва.

Методи. Закладка і проведення дослідів, основні обліки і спостереження проводили відповідно загальноприйнятим методикам. Статистичну обробку даних робили за допомогою стандартного набору статистичних функцій програми Microsoft Excel.

Результати досліджень. У 2023–2025 рр. встановлено значну варіабельність біохімічних, помологічних та господарсько-біологічних показників елітних форм вишні залежно від генотипу й погодних умов; найбільш критичними були весняні заморозки та літня посуха 2024–2025 рр., що суттєво впливали на цвітіння, зав'язування плодів і продуктивність. За комплексом помологічних та органолептичних ознак виділено форми 2/60, 1/68, 1/21 та 1/20, які характеризувалися великоплідністю, привабливим зовнішнім виглядом і високою дегустаційною оцінкою (8,6–8,8 бала); найвищий вміст сухих розчинних речовин відмічено у форм 1/20 (21,45 %) та 1/21 (19,42 %), цукрів – у 2/70 (11,83 %) і 2/32 (11,54 %), аскорбінової кислоти – у 1/21 (13,10 мг/100 г), фенольних речовин – у 1/21 (607 мг/100 г) та 2/70 (594 мг/100 г). Найбільш гармонійним смаком вирізнялися форми 1/21, 2/12 та 1/20 (ЦКІ 6,3–6,9), тоді як 2/70 мала найвищий ЦКІ (9,4). До першого товарного сорту за сукупністю якісних показників віднесено форми 1/21 та 1/20. Найвищу середню врожайність сформували 1/68, 1/21 та 1/20 – 8,2–9,0 т/га, а за стійкістю до весняних заморозків вирізнялися 1/21 та 1/18. Отже, форми **1/21 та 1/20** визначено як найбільш перспективні для подальшого сортовипробування та промислового садівництва, а **2/60, 2/70 та 1/3** – як цінний селекційний матеріал за окремими ознаками, зокрема великоплідністю та якістю плодів.

Висновки. За результатами досліджень 2023–2025 рр. встановлено, що елітні форми вишні 1/21, 1/20 та 2/30 характеризуються високою технологічністю і транспортабельністю, а форми 1/21, 1/20 та 2/12 – оптимальними смаковими властивостями. За вмістом аскорбінової кислоти та фенольних сполук виділено перспективні форми, зокрема 1/68, 1/21, 1/18, 1/20, 2/32, 2/54 і 2/70, а форми 1/3, 2/54, 2/60 та 2/70 рекомендовано як джерела великоплідності. За комплексом господарсько-цінних ознак елітні форми 1/21, 1/20 та 1/68 рекомендовано до внесення в Державний реєстр сортів рослин України та впровадження у промислове садівництво Західного Лісостепу.

Ключові слова: вишня (Prunus cerasus L.), елітні форми, плоди, біохімічний склад, цукри, органічні кислоти, аскорбінова кислота, фенольні сполуки, великоплідність, технологічність, транспортабельність, селекція, господарсько-цінні ознаки.

Yusypenko R.V., Moiseichenko N.V., Vasylenko V.I., Makarova D.H., Ihnatenko O.O., Babenko S.M. Productivity and Fruit Quality Indicators of Elite Sour Cherry (Prunus cerasus L.) Forms Depending on Agroclimatic Factors of the Western Forest-Steppe of Ukraine

Purpose. The aim of the research was to conduct a comprehensive evaluation of 14 elite sour cherry forms of the Institute of Horticulture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (IH NAAS), representing medium and medium-late ripening periods, based on a combination of biochemical, organoleptic, and economic-biological traits; to identify the most valuable genotypes according to fruit quality indicators and technological properties; to assess their adaptability to abiotic stress factors during the spring–summer period; and to determine their prospects for use in breeding and commercial horticulture.

Methods. The experiments were established and conducted, and the main assessments and observations were carried out according to generally accepted methods. Statistical data processing was performed using the standard set of statistical functions in Microsoft Excel.

Results. During 2023–2025, considerable variability in the biochemical, pomological, and economic-biological characteristics of elite sour cherry forms was established depending on genotype and weather conditions. The most critical factors were spring frosts and summer droughts in 2024–2025, which significantly affected flowering, fruit set, and productivity. Based on a combination of pomological and organoleptic characteristics, forms 2/60, 1/68, 1/21, and 1/20 were distinguished for their large fruit size, attractive appearance, and high sensory scores (8.6–8.8 points). The highest content of soluble solids was recorded in forms 1/20 (21.45%) and 1/21 (19.42%), sugars in 2/70 (11.83%) and 2/32 (11.54%), ascorbic acid in 1/21 (13.10 mg/100 g), and phenolic compounds in 1/21 (607 mg/100 g) and 2/70 (594 mg/100 g). The most harmonious taste was observed in forms 1/21, 2/12, and 1/20 (sugar-acid index, 6.3–6.9), whereas form 2/70 had the highest sugar-acid index (9.4). Based on the combination of quality characteristics, forms 1/21 and 1/20 were assigned to the first commercial grade. The highest average yields were recorded for forms 1/68, 1/21, and 1/20 (8.2–9.0 t/ha), while forms 1/21 and 1/18 demonstrated the highest resistance to spring frosts. Thus, forms 1/21 and 1/20 were identified as the most promising for further variety testing and commercial horticulture, whereas forms 2/60, 2/70, and 1/3 were identified as valuable breeding material for specific traits, particularly large fruit size and fruit quality.

Conclusions. The results of the 2023–2025 studies established that elite sour cherry forms 1/21, 1/20, and 2/30 are characterized by high technological suitability and transportability, while forms 1/21, 1/20, and 2/12 have optimal taste properties. Promising forms were identified based on ascorbic acid and phenolic compound content, including 1/68, 1/21, 1/18, 1/20, 2/32, 2/54, and 2/70, whereas forms 1/3, 2/54, 2/60, and 2/70 are recommended as sources of large fruit size. Based on a combination of economically valuable traits, elite forms 1/21, 1/20, and 1/68 are recommended for inclusion in the State Register of Plant Varieties of Ukraine and for introduction into commercial horticulture in the Western Forest-Steppe zone.

Key words: sour cherry (*Prunus cerasus* L.), elite forms, fruits, biochemical composition, sugars, organic acids, ascorbic acid, phenolic compounds, large fruit size, technological suitability, transportability, breeding, economically valuable traits.

Дата першого надходження статті до видання: 24.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

УДК 633.174:631.527:631.559 (477.7)
DOI https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.38.32

СЕЛЕКЦІЙНА ЦІННІСТЬ ГЕНОТИПІВ ЗЕРНОВОГО СОРГО ЗА КОНТРАСТНИХ УМОВ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

ЯЛАНСЬКИЙ О.В. – кандидат сільськогосподарських наук, с.н.с.
orcid.org/0000-0002-6686-4165
Державна установа Інститут зернових культур Національної академії аграрних наук України
НОСОВ М.Г. – доктор філософії
orcid.org/0000-0001-6649-905X
Державна установа Інститут зернових культур Національної академії аграрних наук України
ТАГАНЦОВА М.М. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0003-3737-6477
Український Інститут експертизи сортів рослин
СЕРЕДА В.І. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0003-0393-2172
Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Зміна кліматичних умов, підвищення температури повітря, нерівномірний розподіл атмосферних опадів і зростання частоти тривалих посушливих періодів належать до основних чинників, що обмежують стабільність виробництва зерна в степовій зоні України. За таких умов особливої актуальності набуває розширення використання культур, здатних формувати господарсько-цінний урожай за недостатнього та нестійкого вологозабезпечення.

Однією з таких культур є сорго звичайне двокольорове (Sorghum bicolor (L.) Moench), яке характеризується високою посухо- та жаростійкістю, ефективним використанням вологи й значним адаптивним потенціалом [1-3]. Водночас посухостійкість культури не усуває негативної реакції на водний дефіцит: недостатнє вологозабезпечення у критичні періоди росту і розвитку може зменшувати інтенсивність ростових процесів, порушувати формування генеративних органів, скорочувати період наливу зерна та знижувати продуктивність [2-5]. Тому для Північного Степу України практичне значення має добір генотипів, які поєднують високий потенціал урожайності з його стабільною реалізацією за контрастних гідротермічних умов.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Реакція сорго на дефіцит вологи значною мірою визначається генотипом, фазою розвитку рослин, тривалістю та інтенсивністю водного стресу. Дослідження останніх років засвідчують значну генетичну мінливість культури за врожайністю зерна, морфо-фізіологічними механізмами посухостійкості та реакцією на взаємодію «генотип × середовище», що створює передумови для результативного добору адаптивного вихідного матеріалу [4-7, 12-15].

Важливим компонентом адаптивності є тривалість окремих міжфазних періодів. Період «сходи-цвітіння» визначає строки проходження рослинами критичних фаз розвитку та можливість уникнення найбільш інтенсивних літніх посух. Скоростиглі форми здатні реалізовувати механізм уникнення водного стресу завдяки ранньому переходу до генеративного розвитку, тоді як генотипи з тривалішим вегетаційним періодом за сприятливого зволоження можуть повніше використовувати ресурси середовища [5, 7, 8].

Не менш важливою господарською ознакою є вологість зерна під час збирання. Поєднання високої врожайності з низькою збиральною вологістю підвищує технологічність вирощування, зменшує потребу в післязбиральному досушуванні та відповідні виробничі витрати. Тому селекційний матеріал доцільно оцінювати за комплексом ознак, що характеризують скоростиглість, збиральну вологість зерна, продуктивність і стабільність їх прояву [8-10].

У сучасній селекції особливого значення набуває багаторічне випробування за контрастних умов, оскільки продуктивність одного й того самого генотипу істотно змінюється залежно від погодних умов року. Такий підхід дає змогу виділити не лише високоврожайні форми, а й генотипи з меншою міжрічною мінливістю [6, 7, 11, 13]. Водночас для Північного Степу України недостатньо узагальнених даних про одночасну оцінку вітчизняного селекційного матеріалу за тривалістю періоду «сходи–цвітіння», вологістю зерна, врожайністю та її варіабельністю в роки з різним рівнем вологозабезпечення. Саме цій нерозв'язаній частині проблеми присвячено дослідження.

Мета статті. Провести селекційну оцінку генотипів зернового сорго за тривалістю періоду «сходи–цвітіння», вологістю зерна, врожайністю та характером її міжрічної мінливості залежно від умов вологозабезпечення, а також виділити найбільш продуктивний і відносно стабільний вихідний матеріал для подальшого використання в селекційному процесі Північного Степу України.

© Яланський О.В., Носов М.Г., Таганцова М.М., Середа В.І., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили впродовж 2023-2025 рр. на Синельниківській селекційно-дослідній станції Державної установи Інститут зернових культур НААН розташованій у зоні Північного Степу України. Польові досліди закладали в селекційній сівозміні лабораторії селекції соргових культур; попередником була кукурудза на зерно. Дослід проводили відповідно до методики кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні [1, 2].

Облікова площа ділянки становила 25 м², повторність – чотириразова. Варіанти в межах повторень розміщували за рендомізованою схемою. Сівбу проводили селекційною сівалкою в оптимальні для зони строки за прогрівання ґрунту на глибині загортання насіння до 12-14 °С. Ширина міжрядь становила 70 см [2, 4], густота стояння рослин – 140-160 тис. шт./га.

Ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлений чорноземом звичайним. Середній уміст гумусу в орному шарі становив 3,9 %, pH сольової витяжки – 6,6. Вміст нітратного азоту після семидобового компостування варіював від 2,39 до 4,56 мг/100 г абсолютно сухого ґрунту, а рухомих форм фосфору та калію, визначених за методом Чирикова, – відповідно від 11,9 до 19,9 та від 11,6 до 16,6 мг/100 г абсолютно сухого ґрунту.

У сортовипробуванні оцінювали 17 генотипів зернового сорго, що походили із селекційних програм Синельниківської селекційно-дослідної та Генічеської дослідної станцій, а також Дослідного господарства ДУ Інститут зернових культур НААН. Для детального трирічного порівняння використано сім генотипів: Лан 59, Смотрич, Вишиванка, Дн 35, F_5 (Низькорослe 93с × Г 230 в. зп.), Д 104 та Каршах. Стандартом слугував сорт Лан 59.

Упродовж вегетаційного періоду проводили фенологічні спостереження. Тривалість періоду «сходи-цвітіння» визначали в добах. Після достигання обліковували врожай зерна та визначали його вологість. Урожайність фіксували за фактичною бункерною масою і перераховували до стандартної вологості 14 % за співвідношенням Y_{14} = Yф × (100 – Wф) / (100 – 14), де Y_{14} – урожайність за стандартної вологості, Yф – урожайність за фактичної вологості, Wф – фактична вологість зерна, %.

Погодні умови років досліджень істотно відрізнялися за кількістю опадів, запасами продуктивної вологи в грунті і температурним режимом. Сума опадів за період вегетації з квітня по вересень становила 239 мм у 2023 р., 139 мм у 2024 р. та 191 мм у 2025 р.

Середня температура повітря за вегетаційний період дорівнювала відповідно 18,5; 20,2 та 19,3 °С, а гідротермічний коефіцієнт (ГТК) – 0,76; 0,41 та 0,59. Контрастність умов дала змогу оцінити реакцію генотипів на різний рівень вологозабезпечення (табл. 1).

Не менш важливими є запаси продуктивної вологи в ґрунті на час відновлення весняної вегетації (табл. 2). Так у 2023 р. в метровому шарі було 178 мм вологи при середній багаторічній нормі 172 мм. Меншими за ці показники запасів продуктивної вологи були у 2024 р. – 140 мм, ще меншими у 2025 р – лише 101 мм.

Статистичну обробку виконували методом дисперсійного аналізу (ANOVA) у Microsoft Excel 2019. Для кожного року визначали середні значення та найменшу істотну різницю за рівня значущості $p \leq 0,05$ ($НІР_{0,05}$). Міжрічну мінливість урожайності оцінювали за коефіцієнтом варіації CV = s / $\bar{x}$ × 100 %, де s – вибіркове стандартне відхилення трьох річних значень, $\bar{x}$ – середня врожайність за 2023-2025 рр. Також визначали діапазон мінімум-максимум і відсоток до стандарту.

Результати досліджень. У 2023 р., який був відносно найсприятливішим за вологозабезпеченням серед років дослідження, урожайність зерна за вологості 14 % у досліджуваних генотипів змінювалася від 4,42 до 6,58 т/га. Стандарт Лан 59 сформував 4,66 т/га. Максимальну врожайність забезпечив Д 104 – 6,58 т/га, що на 1,92 т/га, або 41,2 %, перевищувало стандарт. Високі показники одержано також у Смотрича і Каршаха – по 6,37 т/га та Дн 35 – 6,34 т/га. Вишиванка сформувала 5,60 т/га, тоді як F_5(Низькорослe 93с × Г 230 в. зп.) дещо поступався стандарту – 4,42 т/га (табл. 3).

У 2024 р. за інтегральним показником ГТК сформувалися найпосушливіші умови, проте врожайність основних

Таблиця 1

Агрометеорологічні умови вегетаційного періоду зернового сорго, 2023-2025 рр.

Показник	2023	2024	2025	Середнє за 2023-2025 рр.
Сума опадів за період вегетації, Квітень-вересень, мм	239	139	191	189,7
у т. ч. квітень,мм	31	24	29	28,0
травень, мм	47	28	39	38,0
червень, мм	59	36	44	46,3
липень, мм	43	18	31	30,7
серпень, мм	27	12	22	20,3
вересень, мм	32	21	26	26,3
Середня температура за період вегетації, °С	18,5	20,2	19,3	19,3
Гідротермічний коефіцієнт	0,76	0,41	0,59	0,59
Характеристика умов	посушливі	дуже посушливі	посушливі	посушливі

Примітка. Розраховано за агрометеорологічними даними Синельниківської селекційно-дослідної станції.

Таблиця 2

Запаси продуктивної вологи в ґрунті (мм) на час відновлення весняної вегетації

Рік	Шари ґрунту, см			
	0–10	0–20	0–50	0–100
2023	20	39	94	178
2024	11	24	67	140
2025	18	35	80	101
Середня багаторічна норма	25	50	97	172

Примітка. Розраховано за агрометеорологічними даними Синельниківської селекційно-дослідної станції.

Таблиця 3

Показники генотипів зернового сорго у 2023 р.

Сорт, гібрид	Період «сходи-цвітіння», діб	Вологість зерна, %	Урожайність, т/га	
			бункерна маса	за вологості 14 %
Лан 59 (ст.)	52	15,5	4,74	4,66
Смотрич	47	15,9	6,51	6,37
Вишиванка	50	15,6	5,71	5,60
Дн 35	49	16,5	6,53	6,34
F_5 (Низькорослe 93с × Г 230 в. зп.)	58	14,7	4,45	4,42
Д 104	56	15,6	6,71	6,58
Каршах	62	14,5	6,41	6,37
Середнє по розсаднику (17)	63	17,9	3,79	3,62

Примітка. $НІР_{0,05}$ для показника бункерної врожайності – 0,21 т/га.

Таблиця 4

Показники генотипів зернового сорго у 2024 р.

Сорт, гібрид	Період «сходи-цвітіння», діб	Вологість зерна, %	Урожайність, т/га	
			бункерна маса	за вологості 14 %
Лан 59 (ст.)	51	11,3	4,11	4,24
Смотрич	46	10,4	4,51	4,70
Вишиванка	51	11,5	4,37	4,49
Дн 35	48	10,7	4,78	4,97
F_5 (Низькорослe 93с × Г 230 в. зп.)	49	9,9	4,66	4,88
Д 104	53	9,8	4,90	5,14
Каршах	54	13,7	5,75	5,77
Середнє по розсаднику (17)	50	11,8	4,27	4,38

Примітка. $НІР_{0,05}$ для показника бункерної врожайності – 0,21 т/га.

генотипів залишалася відносно високою – 4,24-5,77 т/га. Стандарт Лан 59 забезпечив 4,24 т/га. Максимальну врожайність сформував Каршах – 5,77 т/га, що перевищувало стандарт на 36,1 %. Д 104 забезпечив 5,14 т/га, Дн 35 – 4,97 т/га, F_5 (Низькорослe 93с × Г 230 в. зп.) – 4,88 т/га, Смотрич – 4,70 т/га (табл. 4).

Особливої уваги у 2024 р. заслуговує Д 104, який поєднував урожайність 5,14 т/га з найнижчою вологістю зерна – 9,8 %. Таке поєднання продуктивності й низької збиральної вологості має селекційне та виробниче значення, оскільки дає змогу скоротити витрати на післязбиральне досушування. Низькою вологістю характеризувалася також гібридна комбінація F_5 (Низькорослe 93с × Г 230 в. зп.) – 9,9 % за врожайності 4,88 т/га.

Найнесприятливіші умови для реалізації зернової продуктивності сформувалися у 2025 р.: урожайність за вологості 14 % знизилася до 1,37-2,94 т/га. Стандарт гібрид Лан 59 сформував 1,80 т/га. Найвищу врожайність зберіг Д 104 – 2,94 т/га, що на 63,3 % перевищувало стандарт; Дн 35 забезпечив 2,68 т/га, а F_5(Низькорослe 93с × Г 230 в. зп.) – 2,58 т/га (табл. 5).

У 2025 р. тривалість періоду «сходи-цвітіння» у Дн 35 та Д 104 збільшилася до 68 діб. Це відображає виражену реакцію зазначених генотипів на умови року. Водночас саме вони сформували найвищу врожайність, що свідчить про здатність підтримувати генеративну продуктивність за стресового середовища. Гібридна комбінація F_5 (Низькорослe 93с × Г 230 в. зп.) у 2023 р. дещо поступалася стандарту, але у 2025 р. перевищила його на

Таблиця 5

Показники генотипів зернового сорго у 2025 р.

Сорт, гібрид	Період «сходи-цвітіння», діб	Вологість зерна, %	Урожайність, т/га	
			бункерна маса	за вологості 14 %
Лан 59 (ст.)	52	11,3	1,72	1,80
Смотрич	50	11,3	1,33	1,37
Вишиванка	50	10,4	1,58	1,63
Дн 35	68	11,0	2,59	2,68
F_5 (Низькорослe 93с × Г 230 в. зп.)	58	10,9	2,49	2,58
Д 104	68	20,8	3,19	2,94
Каршах	62	11,4	1,39	1,44
Середнє по розсаднику (17)	63	12,5	1,85	1,88

Примітка. $НІР_{0,05}$ для показника бункерної врожайності – 0,21 т/га.

Таблиця 6

Середня врожайність і міжрічна мінливість генотипів зернового сорго за 2023-2025 рр.

Сорт, гібрид	Урожайність, т/га					CV, %	До ст., %
	2023	2024	2025	серед.	мін.-макс.		
Лан 59 (ст.)	4,66	4,24	1,80	3,57	1,80-4,66	43,3	100,0
Смотрич	6,37	4,70	1,37	4,15	1,37-6,37	61,4	116,3
Вишиванка	5,60	4,49	1,63	3,91	1,63-5,60	52,4	109,5
Дн 35	6,34	4,97	2,68	4,66	2,68-6,34	39,7	130,7
F_5 (Низькорослe 93с × Г 230 в. зп.)	4,42	4,88	2,58	3,96	2,58-4,88	30,7	111,0
Д 104	6,58	5,14	2,94	4,89	2,94-6,58	37,5	137,0
Каршах	6,37	5,77	1,44	4,53	1,44-6,37	59,4	126,9

Примітка. Коефіцієнт варіації розраховано за трьома річними значеннями врожайності з використанням вибіркового стандартного відхилення.

43,3 %. Такий тип реакції становить інтерес для подальшої селекції на адаптивність.

Трирічне узагальнення врожайності та її мінливості наведено нижче (табл. 6).

У середньому за 2023-2025 рр. найвищу врожайність сформував Д 104 – 4,89 т/га, що на 37,0 % перевищувало стандарт Лан 59 (3,57 т/га). Високою середньою продуктивністю характеризувалися також Дн 35 – 4,66 т/га, або 130,7 % до стандарту, та Каршах – 4,53 т/га, або 126,9 %.

Найменший коефіцієнт варіації встановлено у F_5 (Низькорослe 93с × Г 230 в. зп.) – 30,7 %, що в межах дослідженого трирічного періоду свідчить про відносно стабільну реалізацію продуктивності. У Д 104 цей показник становив 37,5 %, у Дн 35 – 39,7 %. Смотрич і Каршах характеризувалися більшою міжрічною мінливістю – відповідно 61,4 і 59,4 %; їх висока продуктивність у 2023-2024 рр. різко знижувалася у 2025 р.

Найнижче значення ГТК встановлено у 2024 р. (0,41), тоді як найменшу врожайність сформовано у 2025 р. за ГТК 0,59. Отже, загальний ГТК за квітень-вересень не повністю пояснював міжрічну динаміку продуктивності. Ймовірно, суттєве значення мали розподіл опадів за критичними фазами розвитку, тривалість бездощових періодів, температурний режим під час цвітіння і наливу зерна та запаси продуктивної вологи в ґрунті. Така інтерпретація узгоджується з даними про фазоспецифічну реакцію сорго на водний дефіцит і виражену взаємодію «генотип × середовище» [12-15]. Дослід проведено в одному пункті впродовж трьох років. Отриманих даних достатньо для порівняльної оцінки селекційного матеріалу в умовах Північного Степу, але висновки про екологічну стабільність потребують проведення випробувань в інших ґрунтово-кліматичних умовах.

За сукупністю показників найбільшу селекційну цінність мали Д 104, Дн 35 та F_5 (Низькорослe 93с × Г 230 в. зп.). Д 104 характеризувався найвищою середньою врожайністю та зберіг лідируючу позицію у несприятливому 2025 р.; Дн 35 поєднував високу середню продуктивність із помірнішою міжрічною мінливістю; F_5 (Низькорослe 93с × Г 230 в. зп.) мав найнижчий коефіцієнт варіації та підтримував продуктивність у стресовий рік. Ці генотипи доцільно залучати до селекційних програм, спрямованих на підвищення адаптивності сорго до нестійкого та недостатнього вологозабезпечення [3, 9, 13].

Висновки. За результатами досліджень 2023-2025 рр. встановлено істотну міжрічну мінливість продуктивності генотипів зернового сорго за контрастних гідротермічних умов вегетаційного періоду. Урожайність зерна за вологості 14 % залежно від генотипу та року змінювалася від 1,37 до 6,58 т/га. Найвищий рівень продуктивності сформувався у 2023 р., а найбільше його зниження відбулося у 2025 р.

У середньому за три роки найвищу врожайність забезпечив Д 104 – 4,89 т/га, що на 37,0 % перевищувало

стандарт Лан 59. Дн 35 і Каршах сформували відповідно 4,66 та 4,53 т/га, або на 30,7 і 26,9 % більше за стандарт.

Найменшу міжрічну мінливість установлено у гібридної комбінації F_5(Низькорослe 93с × Г 230 в. зп.) – 30,7 %. У Д 104 т-а Дн 35 коефіцієнт варіації становив відповідно 37,5 і 39,7 %. За комплексом ознак Д 104 доцільно використовувати як джерело високої продуктивності, Дн 35 – як генотип із високою середньою врожайністю та помірнішою її мінливістю, а гібридну комбінацію F_5 (Низькорослe 93с × Г 230 в. зп.) – як форму з найменшою міжрічною варіабельністю серед досліджених генотипів.

Перспективою подальших досліджень є розширення екологічного випробування виділених генотипів, визначення запасів продуктивної вологи в критичні фази розвитку та застосування моделей взаємодії «генотип × середовище» (AMMI, GGE biplot) для кількісного розмежування продуктивності, пластичності й стабільності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні / А. А. Лівандовський та ін. ; за ред. С. О. Ткачика. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 82 с.
2. Методичні рекомендації з технології вирощування сорго зернового як сировини для харчової промисловості та виробництва біопалива / М. В. Роїк та ін. Київ : Компринт, 2020. 21 с.
3. Присяжнюк О. І., Сторожик Л. І., Завгородня С. В. Екологічна пластичність сорго зернового. Новітні агротехнології. 2019. № 7. 9 с. DOI: 10.47414/na.7.2019.204818.
4. Каленська С. М., Найденко В. М. Урожайність сорго зернового залежно від ширини міжрядь та системи удобрення. Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. 2018. Вип. 26. С. 67–75. DOI: 10.47414/np.26.2018.211203.
5. Правдива Л. А. Фотосинтетична продуктивність посівів сорго зернового (Sorghum bicolor (L.) Moench) залежно від строків сівби та глибини загортання насіння. Plant Varieties Studying and Protection. 2020. Т. 16, № 2. С. 199–206. DOI: 10.21498/2518-1017.16.2.2020.209254.
6. Правдива Л. А., Доронін В. А., Ганженко О. М. Формування продуктивності сорго зернового та соризу залежно від строків сівби в умовах східної частини Лісостепу України. Новітні агротехнології. 2021. № 9. 10 с. DOI: 10.47414/na.9.2021.253364.
7. Тітаренко О. С., Карпук Л. М. Ефективність вирощування сорго зернового за різних заходів догляду за посівами. Новітні агротехнології. 2021. № 9. 6 с. DOI: 10.47414/na.9.2021.259698.
8. Тітаренко О. С., Карпук Л. М. Урожайність та енергетична ефективність сорго зернового за різних заходів догляду за посівами. Агробіологія. 2022. № 1 (171). С. 145–151. DOI: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-145-151.
9. Правдива Л. А., Яланський О. В. Продуктивність та елементи структури врожайності різних сортів сорго звичайного двокольорового (Sorghum bicolor L.). Новітні агротехнології. 2022. Т. 10, № 3. 7 с. DOI: 10.47414/na.10.3.2022.270497.
10. Давиденко С. Ю. Урожайність зерна гібридів сорго зернового різних груп стиглості за впливу норми висіву насіння та ширини міжрядь у Північному Степу України. Агробіологія. 2022. № 2 (174). С. 27–36. DOI: 10.33245/2310-9270-2022-174-2-27-36.
11. Правдива Л. А., Ганженко О. М., Гончарук Г. С. Продуктивність сорго [Sorghum bicolor (L.) Moench] та соризу залежно від способів контролювання забур'яненості. Plant Varieties Studying and Protection. 2023. Т. 19, № 3. С. 176–184. DOI: 10.21498/2518-1017.19.3.2023.287641.
12. Sorghum in dryland: morphological, physiological, and molecular responses of sorghum under drought stress / K. B. Abreha et al. Planta. 2022. Vol. 255, No. 1. Article 20. 23 p. DOI: 10.1007/s00425-021-03799-7.
13. Novel sources of drought tolerance in sorghum landraces revealed via the analyses of genotype-by-environment interactions / M. Enyew et al. Frontiers in Plant Science. 2022. Vol. 13. Article 1062984. 14 p. DOI: 10.3389/fpls.2022.1062984.
14. Water-deficit stress alters intra-panicle grain number in sorghum / R. E. Adotey et al. Crop Science. 2021. Vol. 61, No. 4. P. 2680–2695. DOI: 10.1002/csc2.20532.
15. Grain sorghum under pre- and post-flowering drought stress in a semiarid environment / A. A. de Souza et al. Australian Journal of Crop Science. 2021. Vol. 15, No. 8. P. 1139–1145. DOI: 10.21475/ajcs.21.15.08.p3162.

REFERENCES

1. Livandovskyi, A.A., Khomenko, T.M., Smulska, I.V., Dzhulai, N.P., & Barban, O.B. (2016). Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy zernovykh, krupianykh ta zernobobovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini [Methodology for examining varieties of cereal, groat, and grain legume crops for suitability for dissemination in Ukraine] (S.O. Tkachyk, Ed.). Vinnytsia: FOP Korzun D.Yu., 82 p. [in Ukrainian].
2. Roik, M.V., Pravdyva, L.A., Hanzhenko, O.M., Doronin, V.A., Sinchenko, V.M., Kurylo, V.L., Fuchylo, Ya.D., Kvak, V.M., Khivrych, O.B., Zykov, P.Yu., Honcharuk, H.S., Smirnykh, V.M., Ivanova, O.H., Dubovyi, Yu.P., Atamaniuk, O.M., & Yalanskyi, O.V. (2020). Metodychni rekomendatsii z tekhnolohii vyroshchuvannia sorho zernovoho yak syrovyny dlia kharchovoi promyslovosti ta vyrobnytstva biopalyva [Guidelines for grain sorghum cultivation technology as a raw material for the food industry and biofuel production]. Kyiv: Komprynt, 21 p.[in Ukrainian].
3. Prysiazhniuk, O.I., Storozhyk, L.I., & Zavhorodnia, S.V. (2019). Ekolohichna plastychnist sorho zernovoho [Ecological plasticity of grain sorghum]. *Novitni ahrotekhnolohii*, 7, 9 p. https://doi.org/10.47414/na.7.2019.204818 [in Ukrainian].
4. Kalenska, S.M., & Naidenko, V.M. (2018). Urozhainist sorho zernovoho zalezhno vid shyryny mizhriad ta systemy udobrennia [Grain sorghum yield as affected by row spacing and fertilization practice]. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovykh buriakiv*, 26, 67–75. https://doi.org/10.47414/np.26.2018.211203 [in Ukrainian].
5. Pravdyva, L.A. (2020). Fotosyntetychna produktyvnist posiviv sorho zernovoho (Sorghum bicolor (L.) Moench) zalezhno vid strokiv sivby ta hlybyny zahortannia nasinnia [Crop photosynthetic capacity of grain sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench) depending

on sowing time and planting depth]. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn*, 16(2), 199–206. https://doi.org/10.21498/2518-1017.16.2.2020.209254 [in Ukrainian].
6. Pravdyva, L.A., Doronin, V.A., & Hanzhenko, O.M. (2021). Formuvannia produktyvnosti sorho zernovoho ta soryzu zalezhno vid strokiv sivby v umovakh skhidnoi chastyny Lisostepu Ukrainy [Formation of Sorghum vulgare and Sorghum orysoidum productivity as affected by sowing dates in the eastern Forest-Steppe of Ukraine]. *Novitni ahrotekhnolohii*, 9, 10 p. https://doi.org/10.47414/na.9.2021.253364 [in Ukrainian].
7. Titarenko, O.S., & Karpuk, L.M. (2021). Efektyvnist vyroshchuvannia sorho zernovoho za riznykh zakhodiv dohliadu za posivamy [Efficiency of grain sorghum cultivation under various crop care measures]. *Novitni ahrotekhnolohii*, 9, 6 p. https://doi.org/10.47414/na.9.2021.259698 [in Ukrainian].
8. Titarenko, O.S., & Karpuk, L.M. (2022). Urozhainist ta enerhetychna efektyvnist sorho zernovoho za riznykh zakhodiv dohliadu za posivamy [Grain sorghum yield and energy efficiency under different crop care measures]. *Ahrobiolohiia*, 1(171), 145–151. https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-171-1-145-151 [in Ukrainian].
9. Pravdyva, L.A., & Yalanskyi, O.V. (2022). Produktyvnist ta elementy struktury vrozhainosti riznykh sortiv sorho zvychainoho dvokolorovoho (Sorghum bicolor L.) [Productivity and yield structure elements of different varieties of common two-coloured sorghum (Sorghum bicolor L.)]. *Novitni ahrotekhnolohii*, 10(3), 7 p. https://doi.org/10.47414/na.10.3.2022.270497 [in Ukrainian].
10. Davydenko, S.Yu. (2022). Urozhainist zerna hibrydiv sorho zernovoho riznykh hrup styhlosti za vplyvu normy vysivu nasinnia ta shyryny mizhriad u Pivnichnomu Stepu Ukrainy [Grain yield of grain sorghum hybrids of different maturity groups depending on seeding rate and row spacing in the Northern Steppe of Ukraine]. *Ahrobiolohiia*, 2(174), 27–36. https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-174-2-27-36 [in Ukrainian].
11. Pravdyva, L.A., Hanzhenko, O.M., & Honcharuk, H.S. (2023). Produktyvnist sorho [Sorghum bicolor (L.) Moench] ta soryzu zalezhno vid sposobiv kontroliuvannia zaburianenosti [Productivity of sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench) and soryz (S. orysoidum) depending on methods of weed control]. *Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn*, 19(3), 176–184. https://doi.org/10.21498/2518-1017.19.3.2023.287641 [in Ukrainian].
12. Abreha, K.B., Enyew, M., Carlsson, A.S., Vetukuri, R.R., Feyissa, T., Motlhaodi, T., Ng'uni, D., & Geleta, M. (2022). Sorghum in dryland: Morphological, physiological, and molecular responses of sorghum under drought stress. *Planta*, 255(1), Article 20, 23 p. https://doi.org/10.1007/s00425-021-03799-7
13. Enyew, M., Carlsson, A.S., Geleta, M., Tesfaye, K., Hammenhag, C., Seyoum, A., & Feyissa, T. (2022). Novel sources of drought tolerance in sorghum landraces revealed via the analyses of genotype-by-environment interactions. *Frontiers in Plant Science*, 13, Article 1062984, 14 p. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1062984
14. Adotey, R.E., Patrignani, A., Bergkamp, B., Kluitenberg, G., Prasad, P.V.V., & Jagadish, S.V.K. (2021). Water-deficit stress alters intra-panicle grain number in sorghum. *Crop Science*, 61(4), 2680–2695. https://doi.org/10.1002/csc2.20532
15. de Souza, A.A., de Carvalho, A.J., Bastos, E.A., Cardoso, M.J., Júlio, M.P.M., Batista, P.S.C., Julio, B.H.M., Campolina, C.V., Portugal, A.F., de Menezes, C.B., & de Oliveira, S.M. (2021). Grain sorghum under pre- and post-flowering drought stress in a semiarid environment. *Australian Journal of Crop Science*, 15(8), 1139–1145. https://doi.org/10.21475/ajcs.21.15.08.p3162

Яланський О.В., Носов М.Г., Таганцова М.М., Середа В.І. Селекційна цінність генотипів зернового сорго за контрастних умов вологозабезпечення

Мета. Провести комплексну селекційну оцінку генотипів зернового сорго за тривалістю періоду «сходи-цвітіння», вологістю зерна, врожайністю та характером її міжрічної мінливості залежно від гідротермічних умов; виділити продуктивний і відносно стабільний вихідний матеріал для подальшого використання в селекції в умовах Північного Степу України.

Методи. Дослідження проводили у 2023-2025 рр. на Синельниківській селекційно-дослідній станції ДУ Інститут зернових культур НААН. У сортовипробуванні оцінювали 17 генотипів а для детального трирічного порівняння використали сім генотипів: Лан 59 (стандарт), Смотрич, Вишиванка, Дн 35, F_5 (Низькорослe 93с × Г 230 в. зп.), Д 104 та Каршах. Площа облікової ділянки становила 25 м², повторність – чотириразова, розміщення варіантів – рендомізоване. Визначали тривалість періоду «сходи–цвітіння», вологість зерна та врожайність із перерахунком до 14 % вологості. Дані обробляли методом дисперсійного аналізу з визначенням $НІР_{0,05}$; міжрічну мінливість оцінювали за коефіцієнтом варіації. За квітень-вересень сума опадів становила 239, 139 і 191 мм, а ГТК – відповідно 0,76; 0,41 і 0,59.

Результати. Урожайність зерна залежно від генотипу та року змінювалася від 1,37 до 6,58 т/га. Найвищий загальний рівень продуктивності одержано у 2023 р., а найбільше зниження – у 2025 р. У середньому за три роки найвищу врожайність сформував генотип Д 104 – 4,89 т/га, що на 37,0 % перевищувало стандарт Лан 59 (3,57 т/га). Дн 35 і Каршах забезпечили відповідно 4,66 та 4,53 т/га. Найменшу міжрічну мінливість установлено у генотипу F_5(Низькорослe 93с × Г 230 в. зп.) – 30,7 %; у Д 104 і Дн 35 цей показник становив 37,5 та 39,7 % відповідно. Смотрич і Каршах були більш варіабельними, коефіцієнт варіації – 61,4 та 59,4 %. Найнижчий ГТК зафіксовано у 2024 р., тоді як найменшу врожайність – у 2025 р., що вказує на важливість не лише загальної кількості опадів, а й їх розподілу та температурного режиму в критичні фази розвитку.

Висновки. Д 104 доцільно використовувати як джерело високої продуктивності, Дн 35 – як генотип із високою середньою врожайністю та помірнішою її міжрічною мінливістю, а генотип F_5 (Низькорослe 93с × Г 230 в. зп.) – як форму з найнижчим коефіцієнтом варіації серед досліджених генотипів. Подальша перевірка має передбачати багатосередовищне випробування, контроль запасів продуктивної вологи та аналіз взаємодії «генотип × середовище».

Ключові слова: посухостійкість; гідротермічний коефіцієнт; міжрічна мінливість; конкурсне сортовипробування; екологічна пластичність; вихідний матеріал; стабільність урожаю.

Yalanskyi O.V., Nosov M.G., Tagantsova M.M., Sereda V.I. Breeding value of grain sorghum genotypes under contrasting moisture conditions

Purpose. To conduct a comprehensive breeding evaluation of grain sorghum genotypes based on the emergence-to-flowering period, grain moisture content, yield, and interannual yield variability under contrasting hydrothermal conditions, and to identify productive and relatively stable source material for breeding in the Northern Steppe of Ukraine.

Methods. The study was conducted in 2023-2025 at the Synelnykove Breeding and Research Station of the State Institution Institute of Grain Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine. Seventeen accessions were evaluated in a competitive variety trial; seven genotypes were selected for detailed three-year comparison: Lan 59 (standard), Smotrych, Vyshyvanka, Dn 35, F_5 (Nyzkorosle 93s × G 230 v. zp.), D 104, and Karshakh. The harvested plot area was 25 m², with four replications and randomized treatment placement. The emergence-to-flowering period, grain moisture content, and grain yield adjusted to 14% moisture were determined. Data were processed by analysis of variance with $LSD_{0.05}$; interannual variability was assessed using the coefficient of variation. April–September precipitation totaled 239, 139, and 191 mm, while the hydrothermal coefficient was 0.76, 0.41, and 0.59, respectively.

Results. Depending on genotype and year, grain yield ranged from 1.37 to 6.58 t ha^{-1}. The highest overall productivity was recorded in 2023, whereas the greatest decline occurred in 2025. Averaged over three years, D 104 produced the highest yield, 4.89 t ha^{-1}, exceeding the standard Lan 59 (3.57 t ha^{-1}) by 37.0%. Dn 35 and Karshakh yielded 4.66 and 4.53 t ha^{-1}, respectively. The lowest interannual variability was recorded for F_5(Nyzkorosle 93s × G 230 v. zp.), with CV = 30.7%; the corresponding values for D 104 and Dn 35 were 37.5 and 39.7%. Smotrych and Karshakh were more variable, with CV values of 61.4 and 59.4%. The lowest hydrothermal coefficient occurred in 2024, while the lowest yield was recorded in 2025, indicating that grain productivity depended not only on total precipitation but also on its temporal distribution and the temperature regime during critical developmental stages.

Conclusions. D 104 is recommended as a source of high productivity, Dn 35 as a genotype combining high mean yield with more moderate interannual variability, and F_5 (Nyzkorosle 93s × G 230 v. zp.) as the form with the lowest coefficient of variation among the evaluated genotypes. Further research should include multi-environment testing, instrumental monitoring of plant-available soil water during critical growth stages, and quantitative genotype-by-environment interaction analysis.

Key words: drought tolerance; hydrothermal coefficient; interannual variability; competitive variety trial; ecological plasticity; source material; yield stability.

Дата першого надходження статті до видання: 02.09.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 21.10.2026

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

АНТОНЕНКО О.О. 7
БАБЕНКО С.М. 218
БАЛАБАШ В.С. 14
БАЧИНСЬКИЙ О.В. 7
БЕРДІН С.І. 185
БІГУН В.С. 23
БІЛОКОНСЬКА О.М. 64
БОНДАРЕНКО В.І. 46
БОРОВИК В.О. 27
БУДАК О.О. 58
БУТЕНКО Є.Ю. 85
ВАСИЛЕНКО В.І. 218
ВАСЮТА С.О. 156
ВЛАЩУК А.М. 14
ВОРОБЕЙ Ю.О. 64
ГОЛІКОВ Р.А. 46
ГОНЧАРЕНКО Є.В. 192
ГОРАШ В.О. 34
ГУРМАН Я.В. 42
ДАНИЛЬЧЕНКО О.М. 46
ДАНІЛОВ І.Р. 185
ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ А.В. 192
ДОРОНІН В.А. 109
ДРОБІТ О.С. 14
ДРОЗД О.М. 51
ДУБОВИЙ В.І. 58
ДУКА О.С. 64
ЖИГАЙЛО Д.С. 72
ЗАГНІТКО В.В. 80
ЗЕЛЕНЕЦЬ С.В. 58
ЗУБКО О.М. 85
ІГНАТЕНКО О.О. 218
КЛІЩЕНКО С.В. 58
КНИШ В.І. 90
КОВАЛЬ В.С. 200
КОЗАР С.Ф. 64
КОЗЕЧКО В.І. 164
КОКОЙКО В.В. 90
КОСЕНКО Н.П. 90
КРИВОРУЧЕНКО Р.В. 206
ЛАВРИНЕНКО Ю.О. 72
ЛЕУС В.В. 127
ЛИТОВЧЕНКО М.О. 156
ЛОГОША О.В. 64
ЛОЗА В.В. 104
ЛЯЩЕНКО С.А. 109
МАКАРОВА Д.Г. 218
МАКУХ Я.П. 109
МАРЧЕНКО В.Д. 72
МАРЧЕНКО Т.Ю. 72
МЕДОНЧАК О.В. 118
МІЩЕНКО М.Г. 169
МІЩЕНКО С.В. 72
МОЙСЕЙЧЕНКО Н.В. 218
НАЗАРЕНКО М.М. 104
НОСОВ М.Г. 227
ОЛІЙНИК О.І. 27
ОСТАПЕЦЬ С.В. 127
ПАТИК С.М. 14
ПЕТРЕНКО С.О. 133
ПІЛЯРСЬКА О.О. 72
ПОЗДНЯКОВ В.Ю. 133
ПОСПЄЛОВА Г.Д. 142
РЕМЕНЮК С.О. 109
СЕРЕДА В.І. 227
СЄВІДОВ В.П. 150
СЄВІДОВ І.В. 150
СОБОЛЬ В.А. 156
СОБРАН І.В. 185
ТАГАНЦОВА М.М. 227
ТАРНАВСЬКА К.П. 156
ХМАРА С.П. 164
ХОНЕНКО Л.Г. 118
ЦИЛЮРИК О.І. 169
ЦИЦЮРА Я.Г. 176
ЧУХІЛЬ С.М. 156
ШАБЛЯ О.С. 90
ШВЕЦЬ О.А. 206
ШЕРЕШИЛО О.О. 142
ШУЛЬКО О.П. 58
ЮСИПЕНКО Р.В. 218
ЯЛАНСЬКИЙ О.В. 227
KOSHKIN D.L. 97
PANFILOVA A.V. 97

НОТАТКИ

Наукове видання

АГРАРНІ ІННОВАЦІЇ

Випуск 38

Дата розміщення онлайн – 21.10.2026 р.
Дата друку – 28.10.2026 р. Формат 60×84 1/8.
Папір офсетний. Гарнітура Arial. Цифровий друк.
Умовно друк. арк. 27,44. Наклад 300. Зам. № 1026/822
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.