

# АГРАРНІ ІННОВАЦІЇ

№ 13



Видавничий дім  
«Гельветика»  
2022

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
КВ № 24400-14240Р від 16.04.2020 р.

Журнал включено до Переліку наукових фахових видань України категорії Б у галузі природничих та аграрних наук (спеціальності 101 «Екологія», 201 «Агрономія», 202 «Захист і карантин рослин») відповідно до Наказу МОН України від 26.11.2020 № 1471 (додаток 3)

Рекомендовано до друку Вченою радою Інституту зрошуваного землеробства НААН  
(протокол № 6 від 17.06.2022 року).

#### **РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:**

##### **Головний редактор:**

**Вожегова Раїса Анатоліївна**, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН, Заслужений діяч науки і техніки України, директор, Інститут зрошуваного землеробства НААН.

##### **Члени редакційної колегії:**

**Грановська Л.М.**, доктор економічних наук, професор (відповідальний секретар);  
**Лавриненко Ю.О.**, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН;  
**Базалій В.В.**, доктор сільськогосподарських наук, професор;  
**Вожегов С.Г.**, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник;  
**Жуйков О.Г.**, доктор сільськогосподарських наук, професор;  
**Балашова Г.С.**, доктор сільськогосподарських наук, професор;  
**Біляєва І.М.**, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник;  
**Коковіхін С.В.**, доктор сільськогосподарських наук, професор;  
**Марковська О.Є.**, доктор сільськогосподарських наук, професор;  
**Khandakar Rafiq Islam**, доктор філософії, старший науковий співробітник, професор (Огайо, США);  
**Сидоренко С.Г.**, кандидат сільськогосподарських наук;  
**Лиховид П.В.**, кандидат сільськогосподарських наук;  
**Мельник А.В.**, доктор сільськогосподарських наук;  
**Стефан Петрзак**, доктор наук, професор (Рашин, Польща);  
**Писаренко П.В.**, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник;  
**Гашимов А.Д.**, доктор сільськогосподарських наук, професор (Азербайджан);  
**Малярчук М.П.**, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник;  
**Кюрчев В.М.**, доктор технічних наук, професор, член-кореспондент НААН;  
**Пілярська О.О.**, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник;  
**Власов В.В.**, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН;  
**Яковенко Р.В.**, кандидат сільськогосподарських наук;  
**Вдовиченко Ю.В.**, доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН.

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

##### **Адреса редакційної колегії:**

73483, м. Херсон, сел. Наддніпрянське,  
Інститут зрошуваного землеробства НААН  
Тел. (0552) 36-11-96  
e-mail: info@agrarian-innovations.izpr.ks.ua  
www.agrarian-innovations.izpr.ks.ua

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                                                                                  |          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>МЕЛІОРАЦІЯ, ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО.....</b>                                                                                                                                                               | <b>7</b> |
| <b>Баган А.В., Шакалій С.М., Юрченко С.О.</b> Формування продуктивного потенціалу гібридів кукурудзи за групами стиглості.....                                                                                   | 7        |
| <b>Бурикiна С.І., Парлікокошко М.С.</b> Синтез хлорофілів в рослинах нуту за дії мінеральних добрив та інокулянтів.....                                                                                          | 12       |
| <b>Гарбар Л.А., Довбаш Н.І., Венгер В.В.</b> Формування листового апарату гібридів соняшника та ефективність його функціонування за впливу удобрення.....                                                        | 24       |
| <b>Гораш О.С., Сучек В.М.</b> Залежність технічної довжини стебла коноплі від норми висіву насіння та сорту .....                                                                                                | 30       |
| <b>Господаренко Г.М., Любич В.В., Леонова К.П., Стоцький В.В.</b> Вплив вапнування чорнозему опідзоленого та удобрення на врожайність кукурудзи.....                                                             | 35       |
| <b>Гутянський Р.А., Огурцов Ю.Є., Шелякіна Т.А., Ільченко Н.К., Махнова Л.М., Клименко І.В., Чернобаб О.В.</b> Вплив різних систем захисту на якість вирощеного насіння сої.....                                 | 40       |
| <b>Дацько О.М., Захарченко Е.А.</b> Особливості впливу основного обробітку ґрунту при вирощуванні кукурудзи.....                                                                                                 | 46       |
| <b>Доктор Н.М., Новицька Н.В., Кормош С.М., Пилипенко В.С., Мартинов О.М.</b> Урожайність квасолі звичайної ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) залежно від інокуляції та удобрення в умовах Закарпаття України..... | 53       |
| <b>Зеленянська Н.М., Мандич О.М.</b> Вплив суспензії живої хлорели на регенераційні властивості компонентів щеп винограду.....                                                                                   | 58       |
| <b>Квасніцька Л.С., Власюк О.С.</b> Економічна та енергетична доцільність екологічно безпечних елементів технології вирощування сої.....                                                                         | 66       |
| <b>Кирилюк В.П., Кричківський В.М.</b> Сучасні адаптивні системи основного обробітку ґрунту під пшеницю озиму.....                                                                                               | 72       |
| <b>Kovalenko O.A.</b> Influence of microfertilizers and bacterial preparations on the productivity of winter barley in the Southern Steppe of Ukraine.....                                                       | 78       |
| <b>Ковальов М.М.</b> Вплив способу щеплення томату на його продуктивність в умовах плівкових теплиць.....                                                                                                        | 87       |
| <b>Ласло О.О., Нагорна С.В.</b> Екологізація технології вирощування пшениці озимої за використання композиційних сумішей регуляторів росту та комплексних добрив.....                                            | 93       |
| <b>Малярчук М.П., Резніченко Н.Д., Гальченко Н.М., Казновський О.В.</b> Вплив способів основного обробітку ґрунту та сидеральних добрив на урожайність ячменю озимого в сівозміні на зрошенні.....               | 97       |
| <b>Нетіс І.Т., Онуфран Л.І.</b> Циклічність сприятливих і несприятливих років для пшениці озимої в Україні.....                                                                                                  | 103      |
| <b>Писаренко П.В., Малярчук М.П., Малярчук А.С., Щербина З.В., Шевченко Т.В.</b> Сумарне водоспоживання та випаровування буряків цукрових в умовах Півдня України.....                                           | 108      |
| <b>Писаренко П.В., Самойлік М.С., Галицька М.А., Цьова Ю.А.</b> Типологізація техногенно порушених земель, які знаходяться під звалищами твердих побутових відходів, з урахуванням локальних особливостей.....   | 113      |
| <b>Пшиченко О.І., Радченко М.В.</b> Формування посівних якостей насіння гречки залежно від передпосівної обробки .....                                                                                           | 121      |
| <b>Рудік О.Л., Сергєєв Л.А., Римар Д.Є., Чугак В.В.</b> Оцінка агрокліматичних умов післяжнивного періоду Сухостепової природно-сільськогосподарської зони України .....                                         | 126      |
| <b>Солоха М.О., Винокурова Н.В.</b> Методичні та технічні аспекти визначення гранулометричного складу піщаних зразків ґрунту за допомогою лазерного дифрактометра.....                                           | 137      |
| <b>Степченко Л.М., Галузіна Л.І., Гейсун А.А.</b> Кореляційний аналіз показників біотехнологічного процесу вермикультивування за впливу біологічно активних речовин .....                                        | 143      |
| <b>Телекало Н.В., Купчук І.М., Гонтарук Я.В.</b> Ефективність вирощування та переробки озимого ріпаку на біодизель.....                                                                                          | 149      |
| <b>Zhang Xihuan, Wu Dafu, Zakharchenko E.A.</b> Review on effects of biogas slurry application on crop growth.....                                                                                               | 155      |
| <b>Ярмольська О.Є., Феоктістов П.О., Гаврилов С.В.</b> Формування морозостійкості рослинами ячменю з різним типом розвитку у разі загартування на різних фотоперіодах.....                                       | 167      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                      |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>СЕЛЕКЦІЯ, НАСІННИЦТВО</b> .....                                                                                                                                                                                                                                   | 173 |
| <b>Боженко А.І., Сизенко О.Є.</b> Дослідження прояву господарсько цінних ознак вихідного матеріалу люцерни синьогібридної та створення сортів з високою кормовою та насінневою продуктивністю для умов лісостепу .....                                               | 173 |
| <b>Вожегова Р.А., Боровик В.О., Грабовський М.Б., Марченко Т.Ю., Грабовська Т.О.</b> Нішеві культури – нові можливості агропромислового комплексу України.....                                                                                                       | 181 |
| <b>Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Гальченко Н.М.</b> Оцінка посухостійкості популяцій люцерни кормового використання в рік сівби за математичними індексами.....                                                                         | 190 |
| <b>Жупина А.Ю., Базалій Г.Г., Усик Л.О., Марченко Т.Ю., Лавриненко Ю.О.</b> Успадкування стійкості до борошнистої роси ( <i>Blumeria graminis</i> F. sp. <i>tritici</i> Bgt.) гібридами пшениці озимої різного еколого-генетичного походження в умовах зрошення..... | 199 |
| <b>Мурашко Л.А., Муха Т.І., Гуменюк О.В., Новицька Н.В., Мартинов О.М.</b> Оцінка стійкості сортів пшениці озимої селекцентрів України проти хвороб на штучних інфекційних фонах їх збудників.....                                                                   | 209 |
| <b>СТОРІНКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО</b> .....                                                                                                                                                                                                                               | 215 |
| <b>Валерко Р.А., Герасимчук Л.О., Башинський І.В.</b> Оцінка екологічного стану сільських селітебних територій в умовах сталого розвитку.....                                                                                                                        | 215 |
| <b>ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК</b> .....                                                                                                                                                                                                                                        | 222 |

## CONTENTS

|                                                                                                                                                                                                                                  |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>MELIORATION, ARABLE FARMING, HORTICULTURE.....</b>                                                                                                                                                                            | <b>7</b> |
| <b>Bahan A.V., Shakalii S.M., Yurchenko S.O.</b> Formation of productive potential of maize hybrids by maturity groups.....                                                                                                      | 7        |
| <b>Burykina S.I., Parlikokoshko M.S.</b> Synthesis of chlorophylls in chickpea plants under the action of mineral fertilizers and inoculants .....                                                                               | 12       |
| <b>Garbar L.A., Dovbash N.I., Venger V.V.</b> Formation of leaf apparatus of sunflower hybrids and efficiency of its functioning under the influence of fertilizer.....                                                          | 24       |
| <b>Horash O.S., Suchek V.M.</b> Dependence of technical length of hemp stem on seeding rate and variety.....                                                                                                                     | 30       |
| <b>Hospodarenko H.M., Liubych V.V., Leonova K.P., Stotskyi V.V.</b> Influence of podzolic chernozem liming and fertilizer on maize yield.....                                                                                    | 35       |
| <b>Hutianskyi R.A., Ohurtsov Yu.Ye., Sheliakina T.A., Ilchenko N.K., Makhnova L.M., Klymenko I.V., Chernobab O.V.</b> Influence of different protection systems on the quality of grown soybean seeds .....                      | 40       |
| <b>Datsko O.M., Zakharchenko E.A.</b> The characteristics of tillage methods under maize cultivation.....                                                                                                                        | 46       |
| <b>Doktor N.M., Novytska N.V., Kormosh S.M., Pylypenko V.S., Martunov O.M.</b> Yield of common beans ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) depending on inoculation and fertilizer in the conditions of Transcarpathia of Ukraine..... | 53       |
| <b>Zelenyanska N.M., Mandych O.M.</b> The effect of live <i>Chlorella</i> suspension on regenerative capacity of the components of grape grafting.....                                                                           | 58       |
| <b>Kvasnitska L.S., Vlasuk O.S.</b> Economic and energy feasibility of environmentally friendly elements of soybean growing technology.....                                                                                      | 66       |
| <b>Kyryliuk V.P., Krychivskyi V.M.</b> Modern adaptive systems of basic tillage for winter wheat.....                                                                                                                            | 72       |
| <b>Kovalenko O.A.</b> Influence of microfertilizers and bacterial preparations on the productivity of winter barley in the Southern Steppe of Ukraine.....                                                                       | 78       |
| <b>Kovalov M.M.</b> Influence of tomato grafting method on its productivity in film greenhouses.....                                                                                                                             | 87       |
| <b>Laslo O.O., Nagorna S.V.</b> Ecological technologies for growing winter wheat using mixtures of growth regulators and complex fertilizers.....                                                                                | 93       |
| <b>Maliarchuk M.P., Reznichenko N.D., Galchenko N.M., Kaznovskiy O.V.</b> Impact of methods of basic tillage and sideral fertilizers on winter barley yield in cultivation under irrigation.....                                 | 97       |
| <b>Netis I.T., Onufra L.I.</b> Cyclicity of favorable and unfavorable years for winter wheat in Ukraine .....                                                                                                                    | 103      |
| <b>Pysarenko P.V., Maliarchuk M.P., Maliarchuk A.S., Shchebryna Z.V., Shevchenko T.V.</b> Total water consumption and evaporation of sugar beets in the South of Ukraine.....                                                    | 108      |
| <b>Pysarenko P.V., Samoilik M.S., Halytska M.A., Tsova Yu.A.</b> Typology of man-caused disturbed lands under solid waste landfills, taking into account local features.....                                                     | 113      |
| <b>Pshychenko O.I., Radchenko M.V.</b> Formation of sowing properties of buckwheat seeds depending on pre-sowing treatment.....                                                                                                  | 121      |
| <b>Rudik O.L., Sergueev L.A., Ryman D.Ye., Chugak V.V.</b> Assessment of agronomic and climatic conditions of post-harvest period in Dry Steppe natural and agricultural zone of Ukraine.....                                    | 126      |
| <b>Solokha M.O., Vynokurova N.V.</b> Methodical and technical aspects of determination of granulometric composition of sandy soil samples under assistant assistant.....                                                         | 137      |
| <b>Stepchenko L.M., Haluzina L.I., Heisun A.A.</b> Correlation analysis of indicators of biotechnological process of vermicultivation under the influence of biologically active substances.....                                 | 143      |
| <b>Telekalo N.V., Kupchuk I.M., Gontaruk Ya.V.</b> Efficiency of growing and processing of winter rape for biodiesel.....                                                                                                        | 149      |
| <b>Zhang Xihuan, Wu Dafu, Zakharchenko E.A.</b> Review on effects of biogas slurry application on crop growth.....                                                                                                               | 155      |
| <b>Yarmolska O.Ye., Feoktistov P.O., Gavrilov S.V.</b> Formation of frost resistance of barley plants with different types of rosettes during hardening on different photoperiods.....                                           | 167      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                      |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>BREEDING, SEED PRODUCTION.....</b>                                                                                                                                                                                                                                | <b>173</b> |
| <b>Bozhenko A.I., Syzenko O.Ye.</b> Investigation of the manifestation of economically valuable characteristics of the source material of alfalfa blue hybrid and the creation of varieties with high forage and seed productivity for forest-steppe conditions..... | 173        |
| <b>Vozhegova R.A., Borovik V.O., Grabovsky M.B., Marchenko T.Yu., Grabovskaya T.O.</b> Niche cultures – new opportunities for the agro-industrial complex of Ukraine.....                                                                                            | 181        |
| <b>Vozhehova R.A., Tyshchenko A.V., Tyshchenko O.D., Piliarska O.O., Halchenko N.M.</b> Estimation of drought resistance of alfalfa populations for fodder use in the year of sowing by mathematical indices.....                                                    | 190        |
| <b>Zhupina A.Yu., Bazaliy G.G., Usyk L.O., Marchenko T.Yu., Lavrynenko Yu.O.</b> Inheritance of resistance to mildew ( <i>Blumeria graminis</i> F. sp. tritici Bgt.) hybrids of winter wheat of various ecological and genetic origin under irrigation.....          | 199        |
| <b>Murashko L.A., Mukha T.I., Gymenyk O.V., Novytska N.V., Martynov O.M.</b> Estimation of resistance of winter wheat varieties of Ukrainian breeding centers against diseases on piecewise infectious backgrounds of their progenitors.....                         | 209        |
| <b>PAGE OF A YOUNG SCIENTIST.....</b>                                                                                                                                                                                                                                | <b>215</b> |
| <b>Valerko R.A., Herasymchuk L.O., Bashyns'kyi I.V.</b> Estimation of ecological condition of rural residential areas in the conditions of sustainable development.....                                                                                              | 215        |
| <b>AUTHOR INDEX.....</b>                                                                                                                                                                                                                                             | <b>222</b> |

# МЕЛІОРАЦІЯ, ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО

УДК 633.15: 631.524.84: 631.527.5

DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.1>

## ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗА ГРУПАМИ СТИГЛОСТІ

**БАГАН А.В.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

[orcid.org/0000-0001-8851-5081](https://orcid.org/0000-0001-8851-5081)

Полтавський державний аграрний університет

**ШАКАЛІЙ С.М.** – кандидат сільськогосподарських наук

[orcid.org/0000-0002-4568-1386](https://orcid.org/0000-0002-4568-1386)

Полтавський державний аграрний університет

**ЮРЧЕНКО С.О.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

[orcid.org/0000-0002-5812-3877](https://orcid.org/0000-0002-5812-3877)

Полтавський державний аграрний університет

**Постановка проблеми.** Головною задачею галузі сільського господарства наразі залишається виробництво основної продукції рослинництва, а саме – зерна. Дана продукція є основою продовольчої безпеки нашої країни [1].

Вагомий внесок у вирішення даного завдання вносить вирощування такої культури, як кукурудза. За посівними площами у світі вона займає друге місце після пшениці, але значно перевищує її за рівнем продуктивного потенціалу. Так, в Україні майже все виробництво зерна кукурудзи експортується за кордон, і лише п'ята частина залишається для виготовлення кормів.

Середній рівень урожайності даної культури сягає близько 10 т/га, але її потенціал реалізується не повністю [2–3].

Тому вирощування кукурудзи за сучасними технологіями, серед яких важливим є правильний підбір гібридів відповідно до ґрунтово-кліматичних умов, дозволить значно збільшити її продуктивний потенціал та рівень рентабельності. Під час вибору гібриду кукурудзи для конкретних умов вирощування необхідно також враховувати і його групу стиглості.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На сьогодні українською селекцією створено багато нових гібридів кукурудзи, які мають різні морфологічні та біологічні ознаки, відрізняються за ступенем інтенсивності, показниками якості зерна, рівнем стійкості до несприятливих чинників зовнішнього середовища тощо.

Тому необхідно відповідально віднестися до вибору гібриду для вирощування у конкретних умовах, оскільки наразі багато сільськогосподарських підприємств не мають змоги забезпечити вирощування посівів кукурудзи необхідними дозами внесення добрив та пестицидів [4–6].

Пристосованість рослин кукурудзи до певних умов навколишнього середовища забезпечується за рахунок мінливості її ознак, а саме варіювання групи фізіологічних та морфологічних ознак рослин в процесі онтогенезу під дією зовнішніх чинників у конкретних умовах [7–8].

Гібриди кукурудзи, занесені до Державного реєстру сортів рослин України, постійно поповнюються новими,

із більшим продуктивним потенціалом та поліпшеною якістю зерна. Нові гібриди мають різну морфологію, тривалість вегетаційного періоду, урожайність, стійкість до несприятливих умов середовища тощо.

Останніми роками було встановлено, що не тільки високий рівень продуктивності є важливим під час вибору гібриду, а й здатність утримувати його нижній поріг за несприятливих умов вирощування, що визначається адаптацією рослин [9–10].

Тому актуальним залишається вивчення і підбір сучасних гібридів кукурудзи з метою встановлення їх продуктивного потенціалу у конкретних природно-кліматичних умовах, що є важливим за використання генетичного потенціалу і підвищення урожайності зерна кукурудзи [11–13].

На сьогодні селекціонерами України створено нові гібриди кукурудзи із показником ФАО 200–500, які здатні забезпечувати рівень урожайності понад 12,0–14,0 т/га зерна за вологості 12–14 %. Це дозволить, у свою чергу, проводити збирання врожаю з мінімальними затратами на досушування та використовувати дані гібриди в енергоощадних технологіях [4; 14].

Таким чином, дослідження рівня продуктивного потенціалу сучасних гібридів кукурудзи української селекції у відповідних умовах вирощування за групами стиглості залишається актуальним завданням.

**Мета статті.** Метою наших досліджень було вивчення рівня прояву елементів продуктивності та рівня урожайності гібридів кукурудзи за групами стиглості.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження проводили в умовах Полтавської області протягом 2019–2021 років. Об'єктом досліджень було дев'ять гібридів кукурудзи компанії «Maїс» (м. Дніпро): ДМС 1915, ДМС Лорд (контроль), Мрія МС (ранньостиглі); ДМС Тренд, ДМС Стікер (контроль), ДМС Прайм (середньоранні); Візир, ДМС Сектор, ДМС 3015 (контроль) (середньостиглі). Облікова площа ділянки складала 50 м<sup>2</sup>. Повторність – чотириразова. Попередник – пшениця озима.

Варіанти досліду вивчали за такими показниками: маса качана (г); кількість рядів зерен у качані;

маса зерна з качана (г); маса 1000 зерен (г); урожайність (т/га).

Польові і лабораторні дослідження проводили відповідно до загальноприйнятих методик, статистичну обробку даних урожайності визначали методом дисперсійного аналізу за Б.А. Доспеховим [15].

**Результати досліджень.** За роки досліджень у гібридів кукурудзи ранньостиглої групи ознака кількості рядів зерен варіювала у межах 14–18, у гібридів середньоранньої групи – 12–18, у гібридів середньостиглої групи – 12–16 рядів зерен.

Кількість рядів зерен є сортовою ознакою, тому має відносно стабільний прояв. За середніми даними найбільший прояв даної ознаки мав гібрид середньоранньої групи ДМС Тренд (18,0 рядів зерен), а найменший – середньоранній гібрид ДМС Прайм та середньостиглий гібрид ДМС Сектор (13,3 рядів зерен) (табл. 1).

Ознака маси качана у гібридів кукурудзи за групами стиглості відповідно становила: у ранньостиглої групи – 189,7–239,2 г; у середньоранньої групи – 208,6–254,8 г; у середньостиглої групи – 237,5–285,4 г.

За середніми даними найбільшу масу качана мали гібриди середньостиглої групи (Візір – 270,6 г), а найменшу – гібриди ранньостиглої групи (ДМС Лорд – 212,7 г).

Показник маси зерна з качана у гібридів кукурудзи за групами стиглості варіював таким чином: ранньостигла група – 161,5–209,8 г; середньорання група – 180,5–227,0 г; середньостигла група – 209,8–258,6 г.

У середньому можна виділити за досліджуваною ознакою середньостиглу групу (гібрид Візір – 243,3 г), а найменше значення маси зерна з качана відмічено у гібридів ранньостиглої групи (ДМС Лорд – 178,5 г).

Ознака маси 1000 зерен у гібридів кукурудзи за групами стиглості дорівнювала аналогічно попереднім показникам: ранньостигла група – 273,2–334,0 г; середньорання група – 302,4–341,2 г; середньостигла група – 325,8–370,6 г.

За середніми даними виділено середньостиглий гібрид Візір – 359,0 г, а найменшу масу 1000 зерен мав ранньостиглий гібрид ДМС Лорд – 291,9 г.

Показник урожайності за роки досліджень варіював аналогічно елементам продуктивності, а саме: 2019 рік – 8,24–10,10 т/га, 2020 рік – 7,26–9,01 т/га, 2021 рік – 6,79–8,38 т/га.

За групами стиглості досліджувана ознака варіювала таким чином: ранньостиглі гібриди мали найменшу урожайність відповідно: 2019 рік – 8,24–8,90 т/га, 2020 рік – 7,26–7,92 т/га, 2021 рік – 6,79–7,29 т/га.

За середніми даними ранньостиглої групи можна виділити за досліджуванним показником гібрид Мрія МС – 8,04 т/га (рис. 1).

Гібриди кукурудзи середньоранньої групи стиглості характеризувалися дещо вищою урожайністю: 2019 рік – 8,81–9,38 т/га, 2020 рік – 7,57–8,29 т/га, 2021 рік – 7,25–7,73 т/га.

За середніми даними середньоранньої групи можна відмітити за досліджуванним показником гібрид ДМС Тренд – 8,47 т/га (рис. 2).

Гібриди середньостиглої групи мали найбільшу урожайність. Так, даний показник варіював таким чином: 2019 рік – 9,53–10,10 т/га, 2020 рік – 8,45–9,01 т/га, 2021 рік – 7,94–8,38 т/га (рис. 3).

За середніми даними середньостиглої групи можна виділити за досліджуванним показником гібрид Візір – 9,16 т/га.

#### Висновки.

1. Найбільшим продуктивним потенціалом серед ранньостиглої групи характеризувався гібрид кукурудзи Мрія МС, серед середньоранньої групи – гібрид ДМС Тренд, серед середньостиглої групи – гібрид Візір, у якого спостерігалось найбільше значення досліджуваних показників.

2. За середніми даними урожайності ранньостиглої групи виділено гібрид Мрія МС (8,04 т/га), середньоранньої групи – гібрид ДМС Тренд (8,47 т/га), середньостиглої групи – гібрид Візір (9,16 т/га).

3. Встановлено, що зі збільшенням тривалості вегетаційного періоду гібриди кукурудзи мали вищий рівень урожайності та елементи продуктивності за даними групами стиглості (ФАО 190–350).

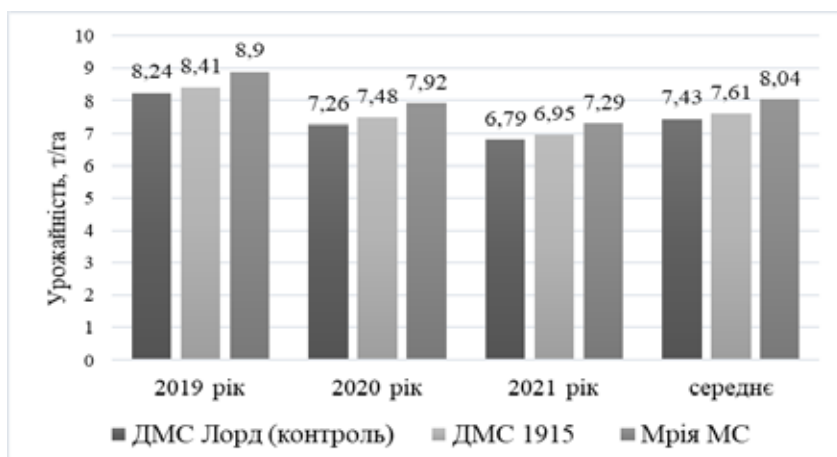
3. Перспективою подальших досліджень є вивчення у досліджуваних гібридів за групами стиглості рівня прояву показників якості зерна.

Таблиця 1

**Елементи продуктивності качана гібридів кукурудзи за групами стиглості, середнє за 2019–2021 рр.**

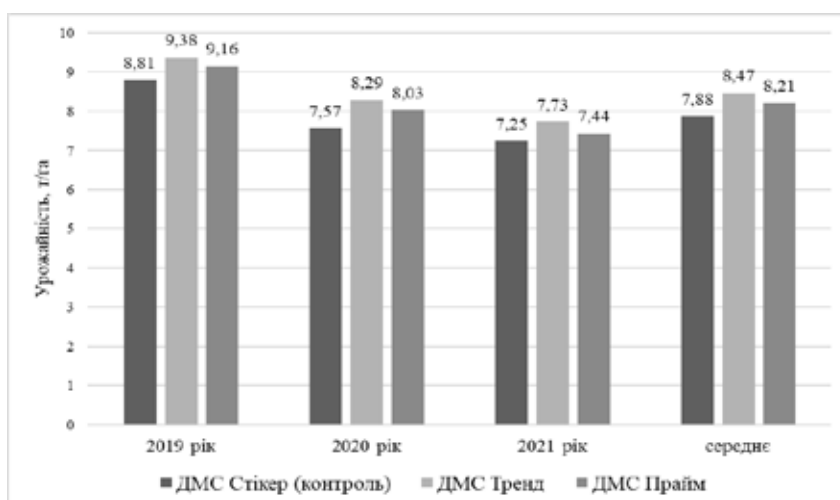
| Гібрид                | ФАО | Кількість рядів зерен | Маса качана, г | Маса зерна з качана, г | Маса 1000 зерен, г |
|-----------------------|-----|-----------------------|----------------|------------------------|--------------------|
| Ранньостигла група    |     |                       |                |                        |                    |
| ДМС Лорд (контроль)   | 190 | 16,7                  | 212,7          | 178,5                  | 291,9              |
| ДМС 1915              | 190 | 14,7                  | 213,9          | 184,6                  | 306,1              |
| Мрія МС               | 190 | 15,3                  | 221,7          | 191,5                  | 316,7              |
| Середньорання група   |     |                       |                |                        |                    |
| ДМС Стікер (контроль) | 250 | 15,3                  | 221,6          | 195,0                  | 317,1              |
| ДМС Тренд             | 290 | 18,0                  | 244,2          | 216,6                  | 330,8              |
| ДМС Прайм             | 250 | 13,3                  | 234,5          | 207,2                  | 323,8              |
| Середньостигла група  |     |                       |                |                        |                    |
| ДМС 3015 (контроль)   | 300 | 14,7                  | 250,1          | 222,4                  | 338,6              |
| ДМС Сектор            | 330 | 13,3                  | 256,8          | 229,7                  | 346,4              |
| Візір                 | 350 | 16,0                  | 270,6          | 243,3                  | 359,0              |





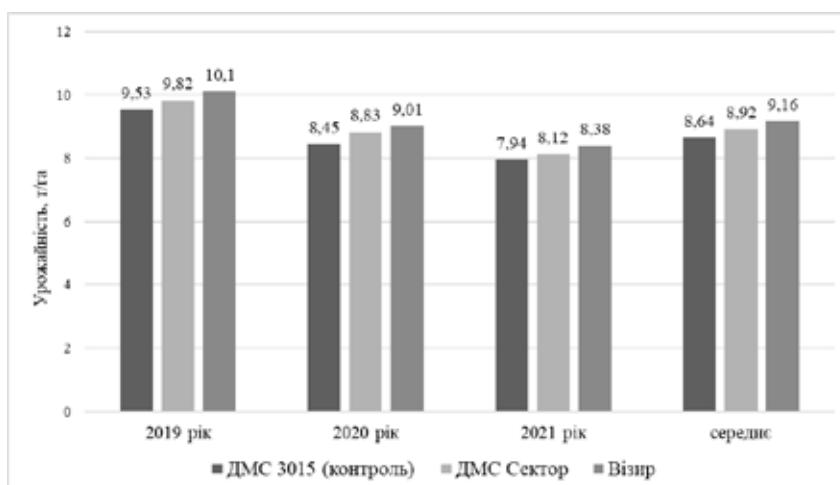
*НІР<sub>05</sub>*: 2019 – 0,54 т/га; 2020 – 0,49 т/га; 2021 – 0,42 т/га

**Рис. 1. Урожайність гібридів кукурудзи ранньостиглої групи**



*НІР<sub>05</sub>*: 2019 – 0,45 т/га; 2020 – 0,49 т/га; 2021 – 0,39 т/га

**Рис. 2. Урожайність гібридів кукурудзи середньоранньої групи**



*НІР<sub>05</sub>*: 2019 – 0,42 т/га; 2020 – 0,51 т/га; 2021 – 0,34 т/га

**Рис. 3. Урожайність гібридів кукурудзи середньостиглої групи**

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Зубець М.В. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України. Київ : Аграрна наука, 2004. 844 с.
2. Лавриненко Ю.О., Заєць С.О., Василенко Р.М. Елементи технології вирощування кукурудзи на півдні України. *Пропозиція*, 2016. № 6. С. 58–60.
3. Василенко Р.М. Продуктивність різностиглих гібридів кукурудзи в умовах південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. № 98. С. 25–29.
4. Дробіт О.С. Формування продуктивності гібридів кукурудзи залежно від агротехнічних заходів в умовах зрошення Південного Степу України : дис. канд. сільськогосп. наук : 06.01.09 – Рослинництво. Херсон, 2018. 204 с.
5. Гож О.А., Марченко Т.Ю., Глушко Т.В. Інтенсивні гібриди кукурудзи для умов зрошуваного землеробства. *Історія освіти, науки і техніки в Україні: IX всеукраїн. конф. : тези доп.* Київ, 2014. С. 267–268.
6. Баган А.В. Формування продуктивності та якості зерна гібридів кукурудзи залежно від попередника. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Полтава, 2015. № 4. С. 32–35. URL: <http://dspace.pdaa.edu.ua:8080/handle/-123456789/7699>.
7. Milenko, O. H., Solod, I. S., Mohylat, P. H., Hryn, M. E., & Veherenko, V. S. (2020). Effectiveness of post-emergence herbicides application on areas of corn grown for grain. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (4), 86–92. doi: 10.31210/visnyk2020.04.10.
8. Марченко Т.Ю., Глушко Т.В., Сова Р.С. Високопродуктивні гібриди кукурудзи для умов зрошення. *Світові рослинні ресурси: стан та перспективи розвитку: III міжнарод. наук.-практ. конф. : тези доп.* Київ, 2017. С. 60–62.
9. Влащук А.М., Конашук О.П., Колпакова О.С. Урожайність нових гібридів кукурудзи в умовах зрошення півдня України. *Стале виробництво зернових та круп'яних культур на півдні України за умов зміни клімату: наук.-практ. конф. : тези доп.* Антонівка, 2016. С. 38–41.
10. Баган А.В., Кисорець С.А. Формування урожайності кукурудзи залежно від вибору гібриду. *Стан і перспективи розробки та впровадження ресурсоощадних, енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур: матеріали Міжнародної наук.-практ. конференції*. Дніпро : ДДАЕУ, 2019. С. 12–13.
11. Шакалій С.М., Хажанець В.О. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від системи захисту. *Nauka i edukacja w warunkach zmian cywilizacyjnych: mater. i międz. konf. nauk.-prakt.* Łódź : Nowa nauka, 2019. Р. 121–122.
12. Влащук А.М., Желтова А.Г., Колпакова О.С. Шляхи збільшення виробництва зерна сучасних гібридів кукурудзи. *Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур: V міжнарод. наук.-практ. конф. : тези доп.* Вінниця, 2016. С. 38–39.
13. Влащук А.М., Кляуз М.А., Колпакова О.С. Формування урожайності нових гібридів кукурудзи в умовах зміни клімату. *Підвищення ефективності функціонування сільського господарства в умовах зміни клімату: Всеукраїн. наук.-практ. інтернет-конф. : тези доп.* Херсон, 2016. С. 31–33.
14. Лавриненко Ю.О., Вожегова Р.А., Коковіхін С.В. Кукурудза на зрошуваних землях півдня України. Херсон : Айлант, 2011. 138 с.
15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.

## REFERENCES:

1. Zubets, M. V. (2004). Naukovi osnovy ahropromyslovoho vyrobnytstva v zoni Stepu Ukrainy. [Scientific bases of agro-industrial production in the Steppe zone of Ukraine]. K.: Ahrarna nauka, 844 [in Ukrainian].
2. Lavrynenko, Yu. O., Zaiets, S. O., & Vasylenko, R. M. (2016). Elementy tekhnolohii vyroshchuvannya kukurudzy na pivdni Ukrainy [Elements of corn growing technology in the south of Ukraine]. *Propozytsiya – Offer*, 6, 58–60 [in Ukrainian].
3. Vasylenko, R. M. (2017). Produktivnist riznostyglykh hibrydiv kukurudzy v umovakh pivdennoho Stepu Ukrainy [Productivity of different-ripe corn hybrids in the conditions of the southern steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Bulletin*, 98, 25–29 [in Ukrainian].
4. Drobit, O. S. (2018). Formuvannya produktyvnosti hibrydiv kukurudzy zalezno vid ahrotekhnichnykh zakhodiv v umovakh zroshennia pivdennoho Stepu Ukrainy: dysertatsiia na здобuttia naukovoho stupenia kandydata silskohospodarskykh nauk 06.01.09 Roslynnnytstvo [Formation of productivity of hybrids of corn depending on agrotechnical measures in the conditions of irrigation of the southern Steppe of Ukraine: the dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of agricultural sciences 06.01.09 Crop production]. Kherson, 204 [in Ukrainian].
5. Hozh, O. A., Marchenko, T. Yu., & Hlushko, T. V. (2014). Intensyvni hibrydy kukurudzy dlia umov zroshuvanoho zemlerobstva [Intensive hybrids of corn for irrigated agriculture]. *Istoriia osvity, nauky i tekhniky v Ukraini: IX vseukrain. konf.: tezy*. Kyiv, 267–268 [in Ukrainian].
6. Bahan, A. V. (2015). Formuvannya produktyvnosti ta yakosti zerna hibrydiv kukurudzy zalezno vid poperednyka [Formation of productivity and grain quality of maize hybrids depending on the predecessor]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii – Poltava Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 4, 32–35 [in Ukrainian].
7. Milenko, O. Kh., Solod, I. S., Mohylat, P. Kh., Hryn, M. Ye., & Veherenko, V. S. (2020). Efektyvnist zastosuvannya pisliashkodovykh herbitsydiv na ploshchakh kukurudzy, vyroshchenoi na zerno [Effectiveness of post-emergence herbicides application on areas of corn grown for grain]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii – Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (4), 86–92. doi: 10.31210/visnyk2020.04.10. [in Ukrainian].
8. Marchenko, T. Yu., Hlushko, T. V., & Sova, R. S. (2017). Vysokoproduktyvni hibrydy kukurudzy dlia umov zroshennia [High-yielding hybrids of corn for irrigation conditions]. *Svitovi roslynni resursy: stan ta perspektyvy rozvytku: III mizhnarod. nauk.-prakt. konf.: tezy dop.* Kyiv, 60–62 [in Ukrainian].
9. Vlashchuk, A. M., Konashchuk, O. P., & Kolpakova, O. S. (2016). Urozhainist novykh hibrydiv kukurudzy v umovakh zroshennia pivdnia Ukrainy [Yield of new maize hybrids under irrigation conditions in the south of

- Ukraine]. *Stale vyrobnytstvo zernovykh ta krupianykh kultur na pivdni Ukrainy za umov zminy klimatu: nauk.–prakt. konf. : tezy dop.* Antonivka, 38–41 [in Ukrainian].
10. Bahan, A. V., & Kysorets, S. A. (2019). Formuvannya urozhainosti kukurudzy zalezno vid vyboru hibridu [Formation of corn yield depending on the choice of hybrid]. *Stan i perspektyvy rozrobky ta vprovadzhennia resursooshchadnykh, enerhozberihaiuchykh tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur: materialy Mizhnarodnoi nauk.–prakt. konferentsii.* Dnipro: DDAEU, 12–13 [in Ukrainian].
  11. Shakalii, S. M., & Khazhanets, V. O. (2019). Produktivnist hibrivid kukurudzy zalezno vid systemy zakhystu [Productivity of maize hybrids depending on the protection system]. *Nauka i edukatsiia w warunkach zmian cywilizacyjnych: Mater. I Międz. Konf. Nauk.–Prakt.* Łódź: Nowa nauka, 121–122.
  12. Vlashchuk, A. M., Zheltova, A. H., & Kolpakova, O. S. (2016). Shliakhy zbilshennia vyrobnytstva zerna suchasnykh hibrivid kukurudzy [Ways to increase grain production of modern maize hybrids]. *Novitni tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur: V mizhnarod. nauk.–prakt. konf.: tezy dop.* Vinnytsia, 38–39 [in Ukrainian].
  13. Vlashchuk, A. M., Kliuz, M. A., & Kolpakova, O. S. (2016). Formuvannya urozhainosti novykh hibrivid kukurudzy v umovakh zminy klimatu [Yield formation of new maize hybrids in the context of climate change]. *Pidvyshchennia efektyvnosti funktsionuvannia silskoho hospodarstva v umovakh zminy klimatu: Vseukrain. nauk. –prakt. internet-konf.: tezy dop.* Kherson, 31–33 [in Ukrainian].
  14. Lavrynenko, Yu. O., Vozhehova, R. A., & Kokovikhin, S. V. (2011). Kukurudza na zroshuvanykh zemliakh pivdnia Ukrainy [Corn on irrigated lands in southern Ukraine]. Kherson: Ailant, 138 [in Ukrainian].
  15. Dospekhov, B. A. (1985). *Metodyka polevoho opyta* [Methods of field experience]. M.: Agropromizdat, 351 [in Russian].

**Баган А.В., Шакалій С.М., Юрченко С.О.**  
**Формування продуктивного потенціалу гібридів кукурудзи за групами стиглості**

**Мета.** Мета досліджень полягала у вивченні рівня прояву елементів продуктивності качана та рівня урожайності гібридів кукурудзи за групами стиглості.

**Методи.** Польові і лабораторні методи досліджень передбачали визначення елементів продуктивності качана, а саме: маса качана, кількість рядів зерен у качані, маса зерна з качана, маса 1000 зерен, а також показника урожайності. За допомогою статистичного методу шляхом дисперсійного аналізу було встановлено найменшу істотну різницю за даними урожайності. Об'єктом дослідження було дев'ять гібридів кукурудзи української селекції різних груп стиглості: рання, середньорання і середня. Дослідження проводили протягом 2019–2021 років.

**Результати.** За середніми даними показник кількості рядів зерен у гібридів кукурудзи залежно від груп стиглості становив: рання – 14–18, середньорання – 12–18, середня – 12–16 рядів зерен. Ознака маси качана у гібридів кукурудзи дорівнювала відповідно: ранньостиглі – 189,7–239,2 г; середньоранні – 208,6–254,8 г; середньостиглі – 237,5–285,4 г.

Показник маси зерна з качана варіював таким чином: ранньостигла група – 161,5–209,8 г; середньорання група – 180,5–227,0 г; середньостигла група – 209,8–258,6 г. Ознака маси 1000 зерен у гібридів кукурудзи складала відповідно: ранньостигла група – 273,2–334,0 г; середньорання група – 302,4–341,2 г; середньостигла група – 325,8–370,6 г. Показник урожайності гібридів кукурудзи варіював таким чином: ранньостигла група – 7,43–8,04 т/га, середньорання група – 7,88–8,47 т/га, середньостигла група – 8,64–9,16 т/га.

**Висновки.** Відмічено, що найбільшою продуктивністю серед ранньостиглої групи характеризувався гібрид кукурудзи Мрія МС, серед середньоранньої групи – гібрид ДМС Тренд, серед середньостиглої групи – гібрид Візир, який мав найбільший рівень урожайності (9,16 т/га) серед досліджуваних гібридів. Встановлено, що збільшення тривалості періоду вегетації у гібридів кукурудзи впливає на підвищення продуктивності за даними групами стиглості.

**Ключові слова:** урожайність, кількість рядів зерен, маса качана, маса зерна з качана, маса 1000 зерен.

**Bahan A.V., Shakalii S.M., Yurchenko S.O.**  
**Formation of productive potential of maize hybrids by maturity groups**

**Goal.** The aim of the research was to study the level of manifestation of the elements of cob productivity and the yield level of maize hybrids according to maturity groups.

**Methods.** The field and laboratory methods of research involved the determination of the productivity elements of the cob, namely: the weight of the cob, the number of rows of grains in the cob, the weight of grains from the cob, the weight of 1000 grains, as well as the index of yield. The least significant difference in yield data was determined using statistical method by the analysis of variance. The object of the research were nine maize hybrids of Ukrainian selection of different maturity groups: early-ripening, mid-early and middle-ripening. The research was conducted during the period of 2019–2021.

**Results.** According to the average data, the number of rows of grains in maize hybrids, depending on the maturity groups, was: early – 14–18, mid-early – 12–18, medium – 12–16 rows of grains. The sign of cob weight in maize hybrids was equal to: early ripening – 189.7–239.2 g; mid-early – 208.6–254.8 g; middle-ripening – 237.5–285.4 g. The weight of grain from the cob varied as follows: early-ripening group – 161.5–209.8 g; mid-early group – 180.5–227.0 g; middle-ripening group – 209.8–258.6 g. The sign of the weight of 1000 grains in maize hybrids was, respectively: early-ripening group – 273.2–334.0 g; mid-early group – 302.4–341.2 g; middle-ripening group – 325.8–370.6 g. The yield of maize hybrids varied as follows: early-ripening group – 7.43–8.04 t/ha, mid-early group – 7.88–8.47 t/ha, middle-ripening group – 8.64–9.16 t/ha.

**Conclusions.** It was found that the maize hybrid Mriia MS was characterized by the highest productivity among the early-ripening group, among the mid-early group – hybrid DMS Trend, among the middle-ripening group – hybrid Vizyr, which had the highest yield (9.16 t/ha) among the studied hybrids. It was established that increasing the duration of the growing season of maize hybrids affects the in productivity increase of these maturity groups.

**Key words:** yield, number of rows of grains, weight of cob, weight of grain from cob, weight of 1000 grains.

## СИНТЕЗ ХЛОРОФІЛІВ В РОСЛИНАХ НУТУ ЗА ДІЇ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ТА ІНОКУЛЯНТІВ

**БУРИКІНА С.І.** – кандидат сільськогосподарських наук

*orcid.org/0000-0002-5197-6586*

Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція

Національної академії аграрних наук України

**ПАРЛІКОКОШКО М.С.** – директор

*orcid.org/0000-0003-4695-4574*

Державне підприємство «Дослідне господарство імені М.В. Кутузова

Інституту водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України»

Хлорофіл – це Прометей,  
що викрав вогонь з неба  
і подарував його людям  
*К. Тімірязєв*

**Вступ.** Недарма процес фотосинтезу вважається фундаментом життя на нашій планеті, оскільки завдяки йому енергія Сонця перетворюється на енергію хімічних зв'язків синтезованих речовин. Ведуча роль належить хлоропластам, які складаються із пігментів, білків, вітамінів; РНК хлоропластів забезпечує синтез білків рослини. Активність фотосинтезу оцінюється за концентрацією основних фотосинтезуючих пігментів – хлорофілів, і більшість зелених рослин мають дві форми хлорофілу: альфа і бета.

Встановлено, що високі температури прискорюють старіння листя і це руйнує хлорофіл і зупиняє транспортування асимілятів у зерно (описували Barlow, Lüttger & Feike). А між тим дослідження температур повітря показало їх підвищення на території регіонів Європи (Trinka et al., Skrynyk et al.); відмічена позитивна тенденція потепління у 0,44° С за десятиріччя над Південно-Східною частиною Левантійського басейну, на Середземному морі (ElBessa et al.), і на Африканському континенті також спостерігається підвищення середньорічної температури на 1° С кожні десять років (Cudjoe et al.). Усе це спонукає науковців та практиків шукати шляхи адаптації сільськогосподарського виробництва до змін клімату, одним з яких є вирощування культур, більш пристосованих до температурних стресів та посухи.

До вищезначених культур відноситься, нут і він знаходить все більше розповсюдження в районах з недостатнім зволоженням, але реакцію на посуху його рослини все ж таки мають. Загалом, розрізняють ґрунтову та атмосферну посуху, хоча вони і взаємопов'язані. У досліджах на молекулярному рівні показано, що рослини нуту більш реагували на відсутність вологи в ґрунті, ніж на високі температури повітря при належному водозабезпеченні.

Водний дефіцит, який викликає руйнування фотосинтетичних структур рослин, приводить до змін у співвідношенні швидкості процесів фотосинтезу та фотоінгібування (Timm et al.). У дослідженнях Х.Х. Сайдамінова із співавторами вміст зелених пігментів у зернобобових культур (квасоля і маш) в умовах посухи помітно зменшується як за рахунок хлорофілу  $\alpha$ , так і за рахунок хло-

рофілу  $\beta$ . Ці результати підтвердили і спостереження інших дослідників (Rizvi et al.), де відсоток зниження вмісту пігментів в умовах посухи коливався від 7,35 до 35,84 (хлорофіли) та від 13,36 до 31,15 (каротиноїди) залежно від генотипу нуту та фази розвитку рослин.

Глибина руйнувань залежить і від багатьох інших факторів, у тому числі від виду, норм і термінів застосування мінеральних добрив, особливо – азотних. Дослідники показали, що до 75% азоту листя міститься в хлоропластах (Hak et al.), тому дефіцит азоту часто призводить до зниження індексу хлорофілу, в результаті чого знижується фотосинтез та врожайність. Результати, отримані в досліді зі зразками дикого гороху (розглядали Бобков, Бичков), вказали на наявність зв'язку між високим вмістом білка в насінні та підвищеним вмістом хлорофілів і каротиноїдів.

Е. Zangani. із колегами спостерігали значні відмінності у вмісті хлорофілу залежно від рівня мінерального азоту на ранніх стадіях цвітіння ріпаку, а застосування фосфору не впливало на цю ознаку, але у фазі пізнього цвітіння взаємодія азоту та фосфору була суттєва. Зростання вмісту пігментів хлорофілу « $\alpha$ », « $\beta$ » відмічалось і в листках конюшини лучної за всіма фазами вегетації при помірних нормах мінеральних добрив ( $N_{31}P_{32}K_{36}$ ) [13]. Використання мінеральних добрив в нормі  $N_{90}P_{60}K_{40}$ , де до складу фосфорних входив мікроелемент цинк, затримувало деградацію пігментного комплексу озимої пшениці та сприяло підвищенню концентрації хлорофілу і каротиноїдів у порівнянні з неудобреним фоном [7]. Підживлення рослин пшениці твердої ярої забезпечило значне підвищення вмісту пігментів фотосинтезу в листках, оптимальним виявилось комплексне підживлення посівів сечовиною з розрахунку 30 кг/га разом з кристаломом; збільшення норми сечовини до 40 кг/га не забезпечувало помітного зростання кількості пігментів фотосинтезу в листках рослин [3]. Цими дослідженнями встановлено прямий тісний зв'язок між вмістом пігментів у листках та врожайністю культурних рослин.

Існує не дуже великий обсяг аналогічних даних для культури нуту. Наприклад, за результатами досліджень у Лісостеповій зоні [11], найвищий вміст хлорофілу в листках рослин нуту відмічався у фазу цвітіння на варіантах з внесенням  $N_{45}P_{45}K_{45}$ , при цьому внесення азоту вроздріб (30 кг/га під основний обробіток ґрунту + 15 кг/га на початку гілкування) сприяло підвищенню

рівня вмісту зелених пігментів на 3,3% порівняно з одно-разовим внесенням  $N_{45}$ ; така ж закономірність простежувалася і на фоні  $N_{30}P_{30}K_{30}$ , у цілому внесення мінеральних добрив сприяло підвищенню значень суми хлорофілу  $a$  та хлорофілу  $b$  порівняно з контрольним варіантом на від 2,4% до 28,0%, а інокуляція насіння перед сівбою ризогуміном та сумісна дія добрив і бактерізації – відповідно на 14,0% і 19,5-33,8% відносно чистого контролю.

**Мета досліджень** – вивчення впливу різних доз мінеральних добрив, способів їх внесення, допосівної бактерізації насіння на вміст хлорофілів нуту, оскільки кількість таких дослідів за ґрунтово-кліматичними зонами України обмежена.

#### Матеріал і методи досліджень.

Місце проведення досліджень – дослідне поле Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції, що розташована в зоні сухого Причорноморського степу. Ґрунт – чорнозем південний малогумусний важкосуглинковий на лесових відкладах; забезпеченість доступними формами фосфору та калію – середня, нітратним азотом – низька.

Нут сорту Пам'ять висівали 2016–2018 рр. після попередника озима пшениця, норма висіву 400-500 тис./га. Дослід двофакторний: фактор А – система удобрення, представлена в табл. 1; фактор В – передпосівний обробіток насіння: без обробітку, БТУ – інокулянт, ризобіот, ризогумін. Повторність в досліді – 4-х разова; розташування варіантів методом розщеплених ділянок, облікова площа ділянок першого порядку – 80 м<sup>2</sup>; другого – 20,6 м<sup>2</sup>.

Листя нуту, повністю розвинені, відбирали з верхньої частини основного стебла за фазами росту від гілкування до зеленого бобу та при дозріванні. Витяжки готували з листків кожного варіанту в 100% ацетоні. Вимірювання проводили методом спектрофотометрії: для визначення кількості хлорофілу  $a$  використовувалася довжина хвилі

662 нм, хлорофілу  $b$  – 644 нм. Концентрацію пігментів визначали за формулами D. Wettstein. Статистичну обробку отриманих даних проводили згідно із загальноприйнятими методиками з використанням стандартного пакету програми "Statistica-6".

Таблиця 1

#### Варіанти добрив, норми і строки внесення

| № вар | Норма і термін внесення добрив |                    |                  |
|-------|--------------------------------|--------------------|------------------|
|       | під передпосівну культивуацію  | початок гілкування | початок цвітіння |
| 1     | -                              | -                  | -                |
| 2     | $P_{30}K_{30}$                 | -                  | -                |
| 3     | $P_{30}K_{30}$                 | $N_{30}$           | -                |
| 4     | $P_{30}K_{30}$                 | $N_{30}$           | $N_{30}$         |
| 5     | $P_{30}K_{30}$                 | $N_{60}$           | -                |
| 6     | $N_{30}P_{30}K_{30}$           | -                  | -                |
| 7     | $N_{60}P_{30}K_{30}$           | -                  | -                |
| 8     | $N_{30}$                       | -                  | -                |
| 9     | $N_{60}$                       | -                  | -                |
| 10    | -                              | $N_{30}$           | $N_{30}$         |

Одеська область відноситься до зони нестабільного зволоження. Кількість опадів в роки досліджень за період активної вегетації нуту з квітня по першу декаду серпня становила: 2016 р. – 245,3 мм, 2017 р. – 238,0 мм та 2018 р. – 66,0 мм. Їх розподіл за основними періодами розвитку рослин нуту (рис. 1) та за градаціями опадів був дуже різним і нерівномірним (рис. 2).

У 2016 році більша частина опадів (64,9%) випала від сходів до цвітіння нуту, що припадало на травень, переважна частина яких була продуктивна: 40% складала дощі, коли за один раз випадало від 10 до 20 мм і 30% – від 20 мм до 30 мм. 2017 рік займав проміжне положення з більш-менш рівномірним розподілом опадів весною і схожим на 2018 рік – в літній період розвитку рослин.

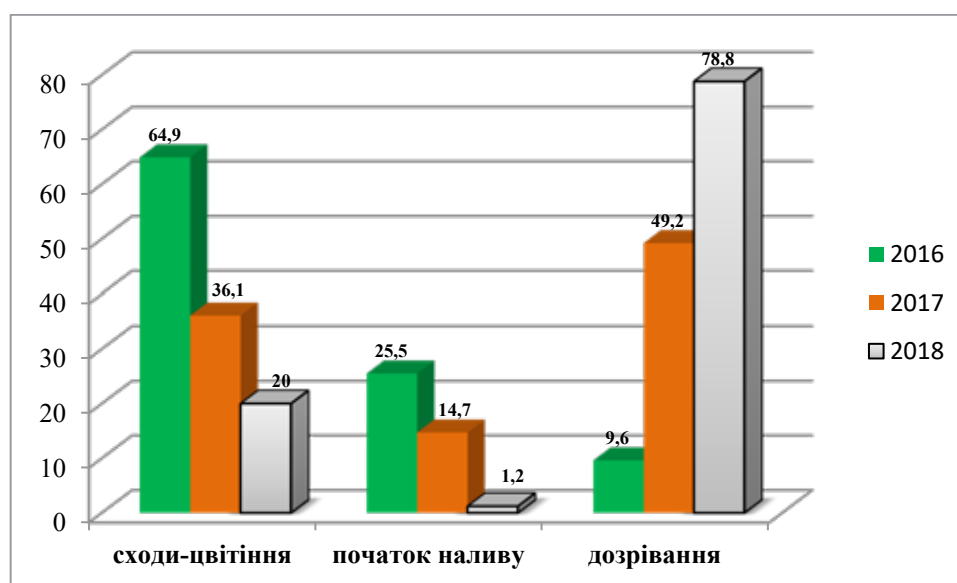
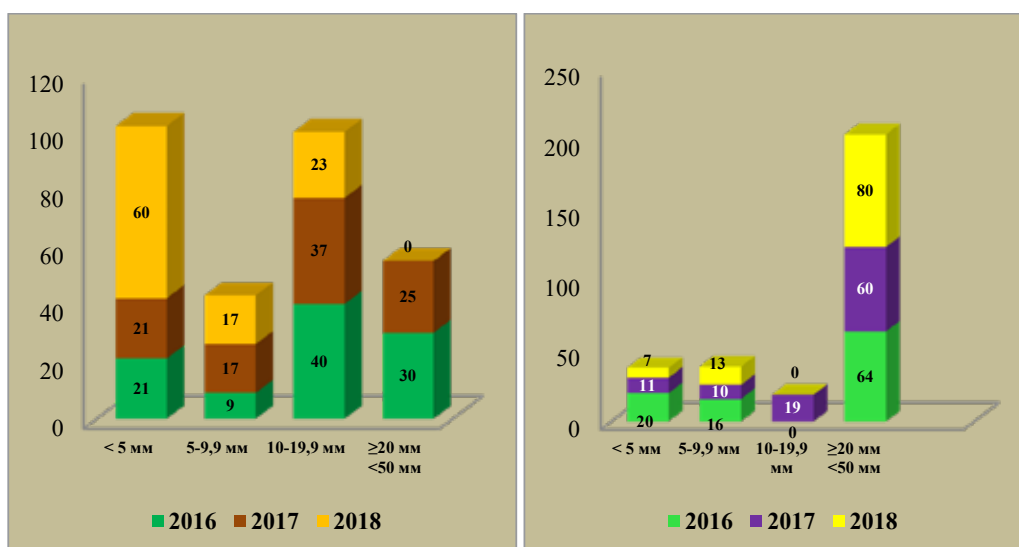


Рис. 1. Розподіл опадів за періодами вегетації нуту та роками досліджень, % від загальної кількості



а) весняний період б) літній період вегетації

Рис. 2. Розподіл опадів за їх градаціями, % від суми

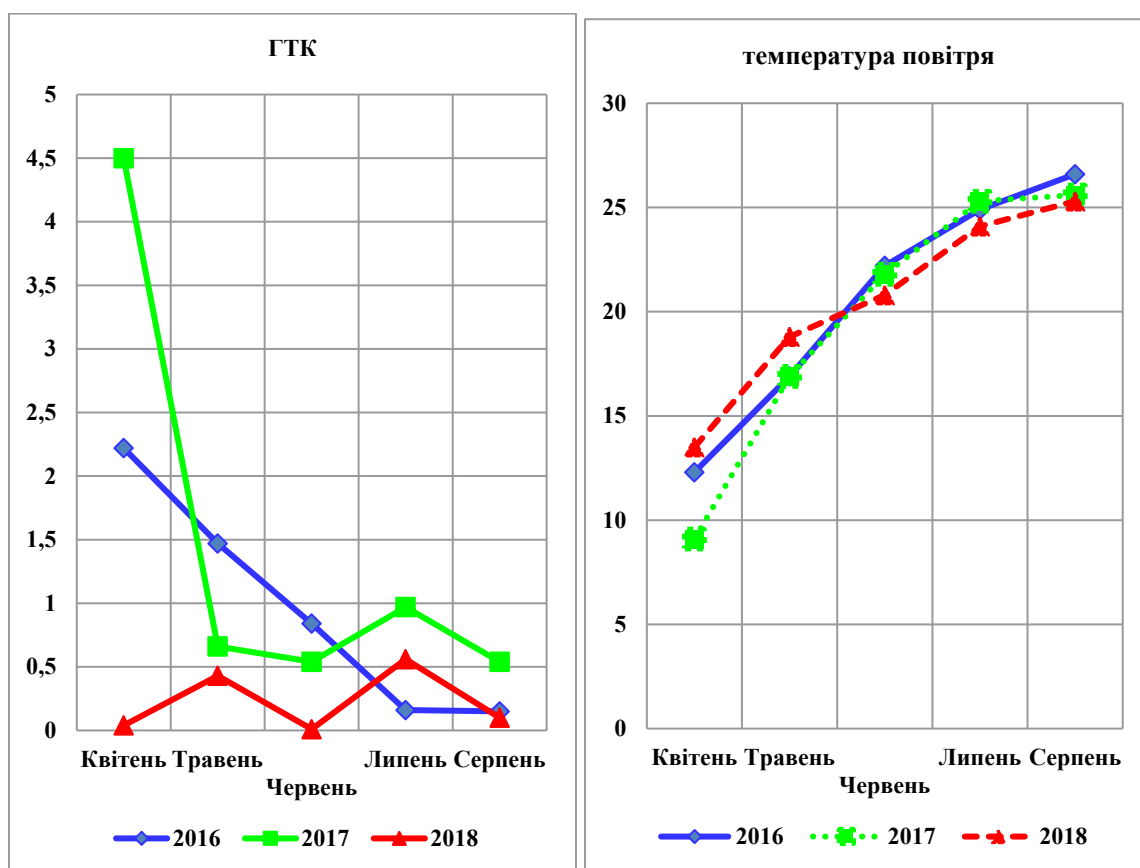


Рис. 3. Характеристика температурного режиму років дослідження

Опади 2018 роки склали лише 26,9% від їх кількості у 2016 році, причому весною 77% з них були мало продуктивні та непродуктивні, а період від бобоутворення до дозрівання зерна був практично нульовим за волого забезпеченням, оскільки 80% випало напри-

кінці липня у вигляді зливи, а 20% – опади від 1 до 6 мм за один дощ.

У 2018 році весь період розвитку рослин нуту проходив в умовах ґрунтової посухи. Гідротермічний коефіцієнт в середньому за вегетацію дорівнював 0,26 з коли-

ваннями від 0,01 до 0,56, і він детермінований нестачею опадів, оскільки середньомісячні температури повітря лише в квітні і травні були вищі за інші роки, а з червня по серпень нижчі за 2016 рік на 1,4-0,8 та 1,3° С, проти 2017 року – на 1,0-1,2 та 0,3° С (рис. 3). Запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту період наливу зерна нуту у 2018 році коливалися від 30,2 мм до 0,0 мм; 2017 р. – від 56,7 мм до 33,8 мм і у 2016 р. – від 110,2 до 64,5 мм.

#### Результати досліджень.

Динаміка вмісту хлорофілу  $\alpha$  за варіантами добрив та роками досліджень показана на прикладі блоку без бактеризації насіння (рис. 4). Максимальний рівень пігменту спостерігався у 2016 році за всіма фазами вегетації на варіанті дворазового підживлення ( $N_{30}+N_{30}$ ) та внесенні під припосівну культивуацію  $N_{60}P_{30}K_{30}$  і скла-

дав у фазу гілкування 2,05 мг/г, цвітіння – 2,32 мг/г та при дозріванні – 1,91 мг/г. Найменше синтезувалось хлорофілу  $\alpha$  в листі нуту в умовах 2018 року, але виділився також варіант  $N_{30}+N_{30}$  (0,99-1,41 мг/г). У погодних умовах 2017 року у фазу гілкування та цвітіння виділились варіанти, де по фосфорно-калійному фону проводили однократне підживлення  $N_{60}$  і варіант з  $N_{30}+N_{30}$  (1,46; 1,45 мг/г та 1,92; 2,03 мг/г), а у фазу дозрівання – одноразове підживлення  $N_{30}$  (1,42 мг/г) та  $N_{60}$  (1,44 мг/г).

Дані, отримані в середньому за три роки, представлені на рис. 5 та рис. 6, де варіанти добрив об'єднані за їх видами: азотне, фосфорно-калійне, повне та підживлення мінеральним азотом по фоні РК. Як у фазу цвітіння, так і при дозріванні порівняно більша концентрація хлорофілу  $\alpha$  спостерігалася при внесенні азотних

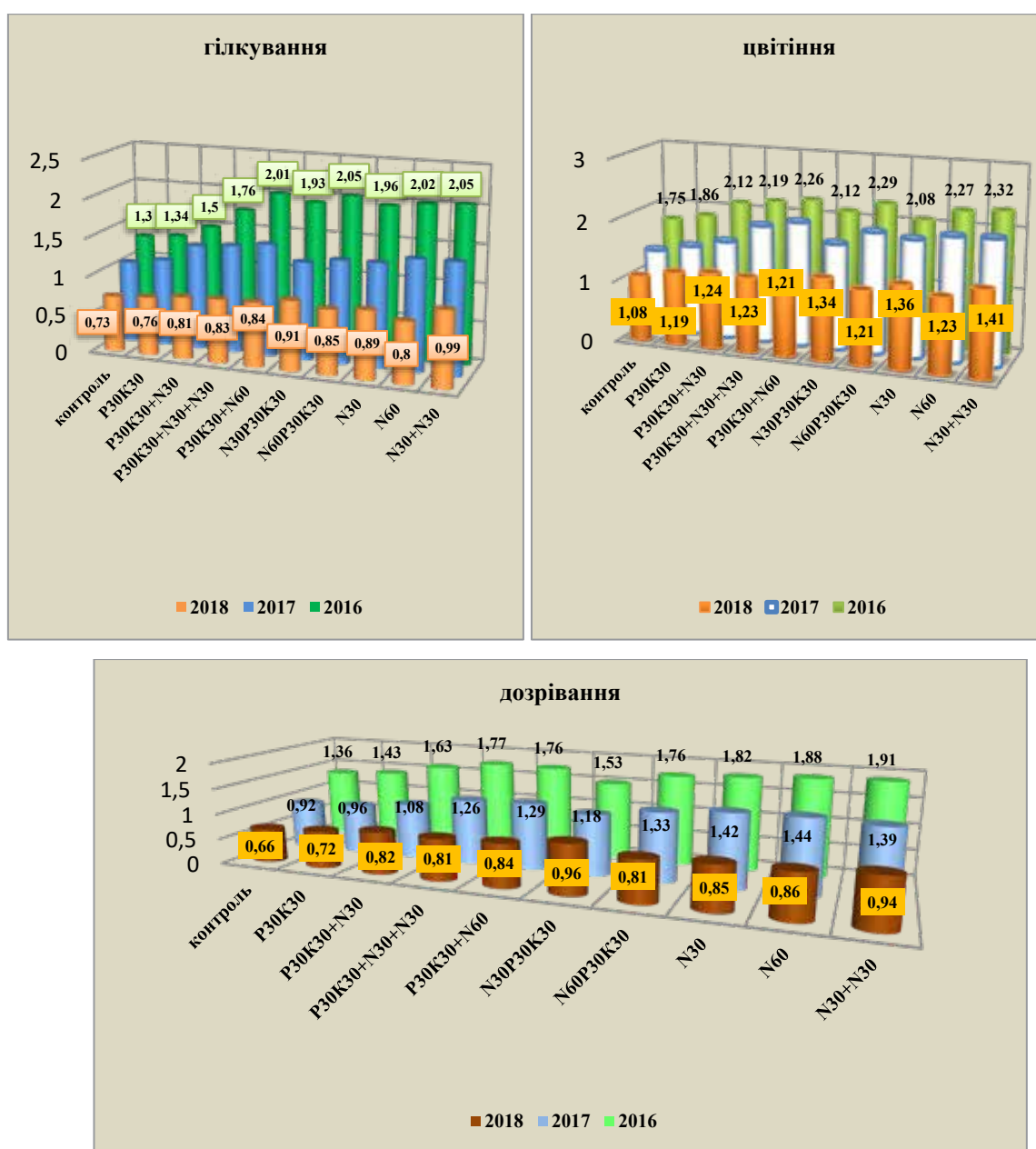


Рис. 4. Динаміка вмісту хлорофілу  $\alpha$ , мг/г сирої речовини

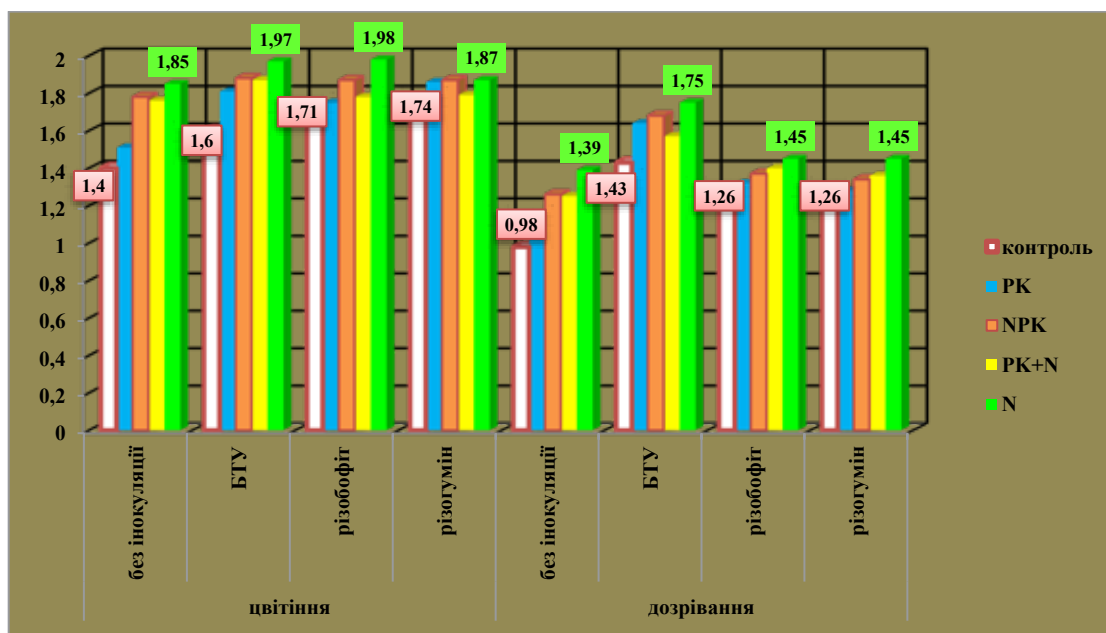


Рис. 5. Вплив мінеральних добрив та варіантів передпосівного обробітку на вміст хлорофілу *a*

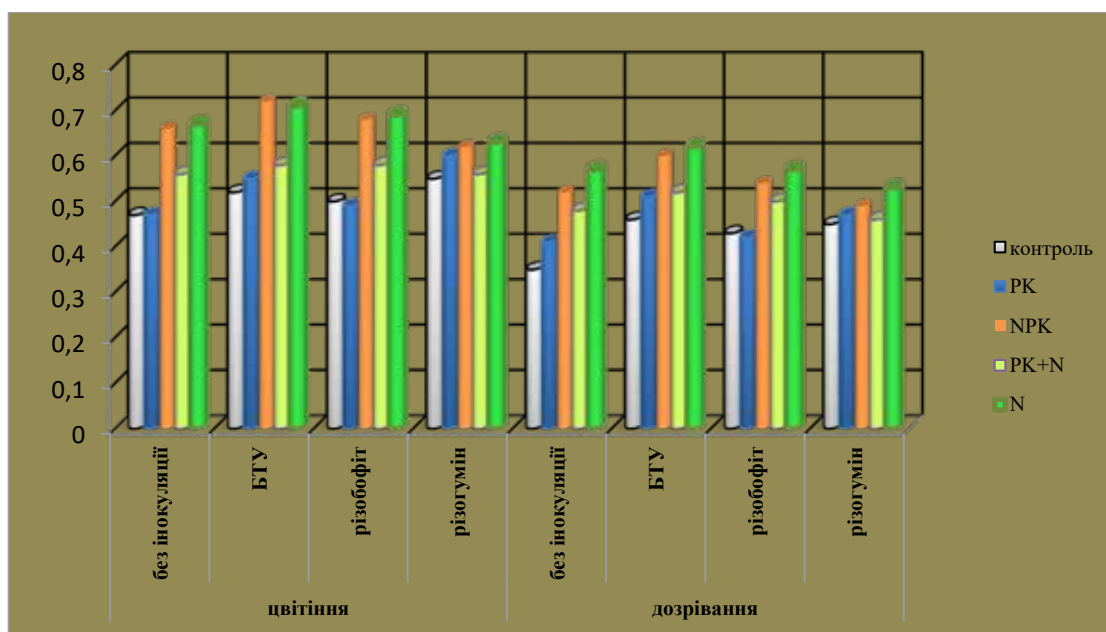


Рис. 6. Концентрація хлорофілу *b* за варіантами добрив та інокулянтів

добрив: у фазу цвітіння – на варіантах з бактеризацією насіння нуту БТУ та різобофiтом (1,97-1,98 мг/г), при дозріванні – БТУ (1,75 мг/г).

За вмістом хлорофілу *b* в період цвітіння виділились варіанти з внесенням повного мінерального добрива та азоту з інокулянтом БТУ (0,72 мг/г та 0,71 мг/г) і різобофiт (0,69мг/г; 0,68 мг/г). У період бобоутворення та дозрівання нуту ці ж добрива на фоні бактеризації насіння БТУ- інокулянтом забезпечили максимальну збереженість даного пігменту: 0,60-0,62 мг/г проти чистого контролю 0,35 мг/г.

За сумісної дії добрив та інокулянтів концентрація хлорофілу *a* перевищувала варіант без добрив і без бактеризації у фазу цвітіння від 29,3% до 41,4 % та при дозрівання – від 30,6% до 78,6% (рис. 7). Кращі показники були в основному при поєднанні внесення добрив з передпосівним обробітком насіння нуту БТУ-інокулянтом.

Аналогічним чином проявляється сумісна дія факторів і на концентрації в листі нуту хлорофілу *b* (рис. 8). Слід лише відмітити, що до цвітіння на фоні РК краще «працює» різогумiн по відношенню до обох хлорофілів,



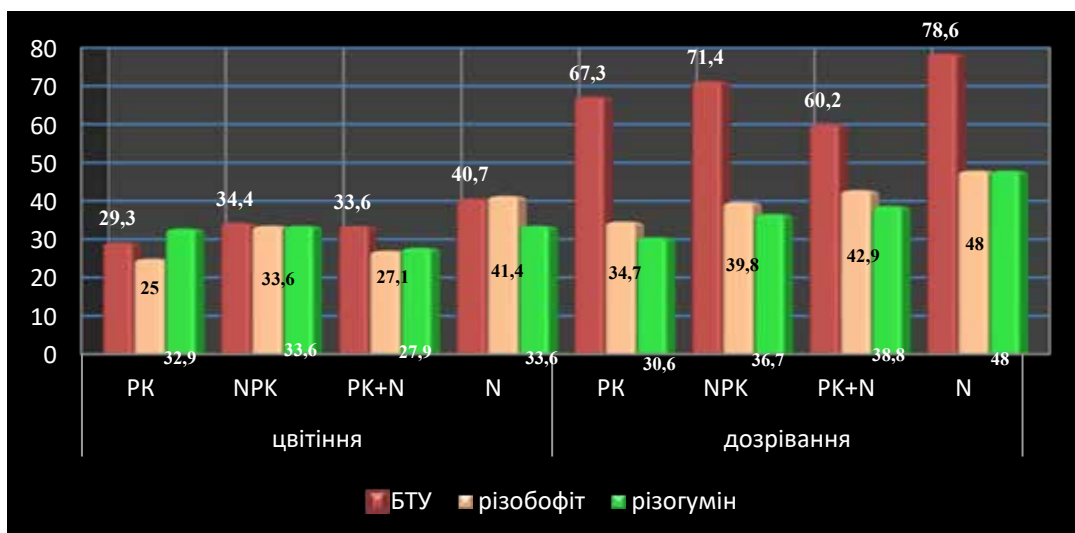


Рис. 7. Підвищення вмісту хлорофілу альфа за сумісної дії добрив та інокулянтів, %

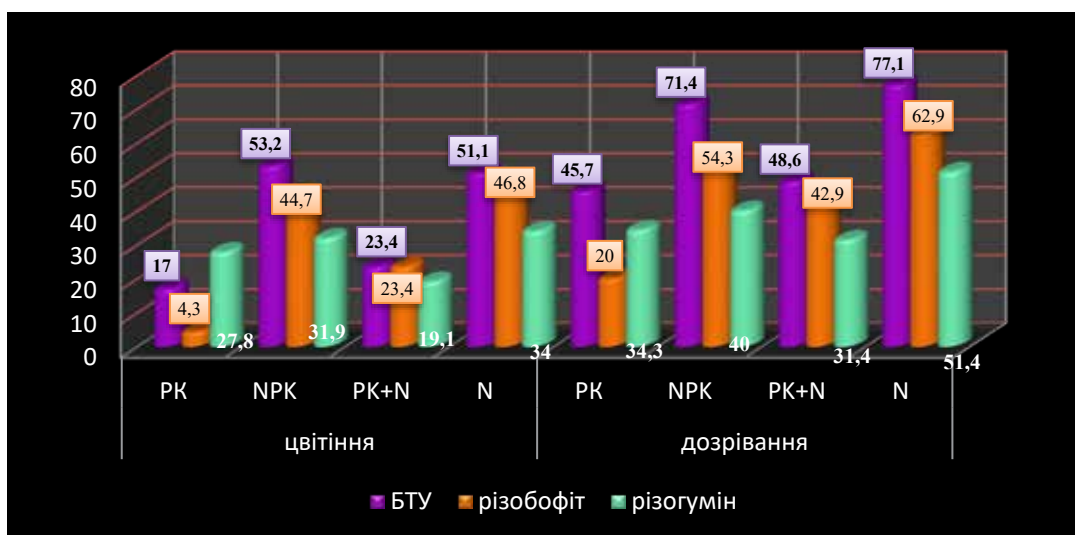


Рис. 8. Підвищення вмісту хлорофілу бета за сумісної дії добрив та інокулянтів, %

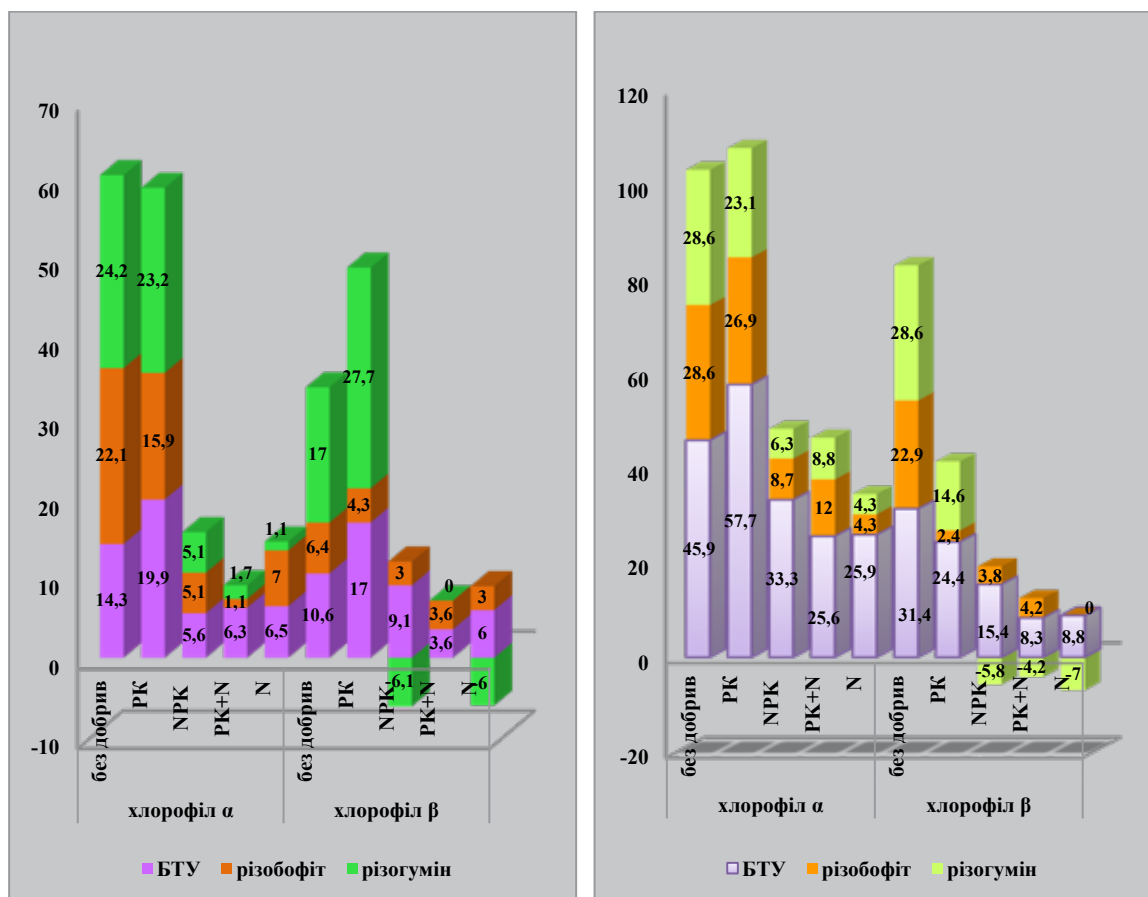
але при дозріванні, як і протягом всього періоду вегетації, перевагу має поєднання добрив з БТУ-інокулянтом, конкретніше – з повним мінеральним та азотним добривом.

Аналіз впливу інокулянтів підтверджує вищезроблений висновок: до стадії цвітіння при вирощуванні нуту без використання добрив і з внесенням РК більш ефективним виявився передпосівний обробіток насіння різогуміном: частка бактеризації у зростанні концентрації хлорофілів склала 24,2% та 17,0% (без добрив) і 23,2% та 27,7% (РК) (рис. 9). Але від початку наливу процес дозрівання характеризувався проявом більшого впливу БТУ-інокулянта, як на фоні добрив, так і без їх використання. Звертає на себе увагу той факт, що доля впливу інокулянту залежала від виду добрива: максимальний вплив всі препарати мали на нульовому рівні мінеральних добрив і при  $P_{30}K_{30}$ , доповнення фосфорно-калійного добрива азотом, незалежно від способу його внесення (під посів чи вроздріб), приводило

до зменшення ефективності інокулянту в синтезі чи збереженні пігментів аж до нульового або негативного ефекту (різогумін).

Розрахунок парних коефіцієнтів кореляції виявив високий прямий зв'язок між дозою азотних добрив і концентрацією хлорофілів: для альфа " $r$ " за роками склав 0,90, 0,75 і 0,75; для хлорофілу  $b$  – 0,94, 0,88 та 0,86. Фосфорно-калійні добрива мали тенденцію до негативного впливу на синтез хлорофілів: коефіцієнти кореляції по модулю коливалися від /0,10/ до /0,51/ для фракції альфа і від /0,31/ до /0,41/ – для іншої.

Проведення кореляційно-регресійного аналізу показало, що співвідношення хлорофілів альфа/бета в хлоропластах нуту в межах однієї фази розвитку залежало від комплексної дії факторів: достовірність коефіцієнтів регресії складала 75,6-85,7% при їх значеннях 0,89-0,91 і тільки для сполучення мінеральні добрива – різогумін – 32,9% ( $R=0,60$ ). Водночас коливання цього показника в часі визначалися більшою мірою фазами розвитку



а) цвітіння б) дозрівання

Рис. 9. Підвищення вмісту хлорофілу альфа та бета за рахунок інокулянту, %

рослин нуту і залежали від факторів, що досліджувались, в межах 18,7-29,2% ( $R=0,43-0,54$ ).

Незважаючи на коливання абсолютних значень  $\alpha / b$ , звертає на себе увагу той факт, що цей показник зменшується в кожній фазі і в кожному варіанті бактеризації при переході від фосфорно-калійного добрива та повного до азотного монодобрива. Це зменшення відбувається за рахунок підвищення доли хлорофілу  $b$  в сумі хлорофілів від  $+(3,0-3,5\%)$  – фаза гілкування до  $+(1,5-2,5\%)$  в процесі дозрівання. Частка хлорофілу  $b$  змінювалась і залежно від погодних умов: в оптимальний 2016 рік за системами удобрення та варіантами інокуляції вона коливалась в інтервалі 20,5 ... 27,0% ( $\alpha / b = 3,89-2,73$ ), а у 2018 році, коли спостерігалася ґрунтова посуха, – 30,5...41,7% ( $\alpha / b = 2,03-1,54$ ). Таким чином, за стресових умов змінювався абсолютний вміст фракцій хлорофілів і співвідношення між ними: при ґрунтовій посуші частка хлорофілу  $b$  зростала в їх сумі.

#### Обговорення.

Погодні умови років досліджень (рис. 1–3) кардинальним чином вплинули на урожай нуту, який у 2016 р. склав 3,14 т/га, 2017 р. – 2,37 т/га та 2018 р. – 1,29 т/га. Кореляційний аналіз показав дуже високу ступінь залежності урожайності від опадів ( $r=0,92$ ), від співвідношення опадів і температур повітря (ГТК) та запасів

вологи в ґрунті –  $r=0,98$  і, практично, відсутність від температур повітря –  $r=-0,10$ , що збігається з висновком K. Sivasakthi з колегами (Sivasakthi et al.). При розрахунках ми використали середні за рік показники урожайності та середні за вегетаційний період значення параметрів погоди, а запаси вологи – від початку наливу до повної стиглості.

Як відмічалось (рис. 4), максимальний вміст хлорофілів визначено у фазу цвітіння нуту. Тому ми розраховували коефіцієнти кореляції між урожаєм зерна нуту і концентрацією хлорофілів у вказану фазу. Для пари урожай – хлорофіл  $\alpha$   $r = 0,78; 0,56; 0,64$ , а для хлорофілу  $b$  –  $0,28; 0,10; 0,40$ , відповідно за роками досліджень. Отже, більш помітний вплив вмісту хлорофілу  $b$  у фазі цвітіння на урожайність нуту було встановлено в менш сприятливих погодних умовах 2018 р., а вплив хлорофілу  $\alpha$  – у більш сприятливий 2016 рік. Результати наших досліджень узгоджуються з висновками А.Н. Rizvil et. al. (2014) в досліді з нуту та А.О. Рожкова (2013) в досліді з тритикале ярого, які повідомляли, що погодні умови, зокрема стрес від ґрунтової посухи, впливає на інтенсивність синтезу пігментів, а варіабельність вмісту хлорофілів під дією добрив в цих умовах більша.

Встановлено, що за стресових впливів (посуха) відбувається зменшення хлорофілів, особливо його фрак-

Таблиця 2

Співвідношення фракцій хлорофілу в листових пластинках рослин нуту за періодами розвитку, варіантами мінеральних добрив та передпосівного обробітку насіння (2016–2018 рр.)

| Варіант                                                           | Фаза вегетації |      |      |      |          |      |      |      |            |      |      |      |
|-------------------------------------------------------------------|----------------|------|------|------|----------|------|------|------|------------|------|------|------|
|                                                                   | гілкування     |      |      |      | цвітіння |      |      |      | дозрівання |      |      |      |
|                                                                   | К              | БТУ  | РБ   | РГ   | К        | БТУ  | РБ   | РГ   | К          | БТУ  | РБ   | РГ   |
| без добрив                                                        | 2,65           | 3,19 | 3,31 | 3,00 | 2,96     | 3,11 | 3,45 | 3,16 | 2,83       | 3,21 | 2,95 | 2,90 |
| P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>                                   | 2,76           | 3,45 | 3,17 | 2,96 | 3,25     | 3,32 | 3,65 | 3,10 | 2,63       | 3,31 | 3,22 | 2,79 |
| P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> +N <sub>30</sub>                  | 2,76           | 3,47 | 3,19 | 2,91 | 3,15     | 3,37 | 3,31 | 3,21 | 2,71       | 3,12 | 2,98 | 2,91 |
| P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> +N <sub>30</sub> +N <sub>60</sub> | 2,74           | 3,31 | 3,03 | 2,85 | 3,23     | 3,28 | 3,10 | 3,22 | 2,75       | 3,11 | 2,72 | 2,88 |
| P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> +N <sub>60</sub>                  | 2,72           | 3,02 | 2,88 | 2,92 | 3,04     | 3,07 | 2,83 | 3,29 | 2,61       | 3,09 | 2,72 | 3,01 |
| N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>                   | 2,48           | 2,74 | 2,79 | 2,74 | 2,60     | 2,59 | 2,66 | 3,13 | 2,32       | 3,11 | 2,70 | 2,83 |
| N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>                   | 2,46           | 2,89 | 3,03 | 2,77 | 2,76     | 2,72 | 2,83 | 3,10 | 2,54       | 2,67 | 2,57 | 2,77 |
| N <sub>30</sub>                                                   | 2,39           | 2,64 | 2,59 | 2,75 | 2,67     | 2,84 | 2,89 | 2,94 | 2,33       | 2,89 | 2,46 | 2,83 |
| N <sub>60</sub>                                                   | 2,38           | 2,60 | 2,82 | 2,87 | 2,81     | 2,87 | 2,75 | 3,23 | 2,52       | 2,98 | 2,62 | 2,70 |
| N <sub>30</sub> +N <sub>60</sub>                                  | 2,43           | 2,59 | 2,63 | 2,74 | 2,79     | 2,81 | 2,97 | 2,98 | 2,49       | 2,76 | 2,72 | 2,83 |

Примітка: К – контроль; БТУ – БТУ-інокулянт; РБ – ризобіфіт; РГ – ризогумін

ції α, оскільки вона є менш стійкою в порівнянні з хлорофілом b, і співвідношення між цими формами пігменту зменшується (табл. 2), що не вступає у протиріччя з результатами інших дослідників [5]. Співвідношення хлорофілу α до хлорофілу b вважається показником хроматичної адаптації і за варіантами добрив зменшувалось в ряду PK → NPK → N; вплив варіантів інокуляції насіння нуту більше визначався видом і терміном внесення мінерального добрива, ніж погодними умовами.

#### Висновки.

Зміни пулу хлорофілів за фазами розвитку у листках нуту спостерігали як за варіантами добрив, так і варіантами передпосівного обробітку насіння. Максимальний вміст зелених пігментів був у фазі цвітіння та початку наливу і дорівнював 2,51-2,69 мг/г сирої речовини на варіантах сумісної дії інокулянтів і добрив (N<sub>30-60</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> та N<sub>30-60</sub>) проти 1,87-1,83 мг/г – контроль без добрив і без інокуляції насіння; різниця між дозами внесення азотних добрив – математично не суттєва.

Здатність інокулянтів спричинювати підвищення вмісту хлорофілів в листках нуту визначалася фоном удобрення: максимальна їх відносна ефективність спостерігалася на неудобреному варіанті і при внесенні фосфорно-калійних добрив (P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>); у фазу цвітіння інокулянти розташовуються в наступний ряд ризогумін > ризобіфіт > БТУ, а при дозріванні – БТУ > ризогумін > ризобіфіт.

За умов ґрунтової посухи відмічено зменшення хлорофілів, особливо фракції α і співвідношення α / b коливалось в межах від 2,03 до 1,54 проти 3,89...2,73 в оптимальних умовах.

Співвідношення між фракціями хлорофілів мало тенденцію до зменшення і за фазами розвитку рослин нуту, і варіантами бактеризації при переході від фосфорно-калійного добрива та повного до чисто азотного за рахунок зростання частки хлорофілу b в сумі зелених пігментів, яке складало від 1,5% до 3,5%.

Встановлено прямий кореляційний зв'язок між концентрацією хлорофілів в листі нуту у фазу цвітіння і рівнем урожайності: для пари урожай – хлорофіл α

коефіцієнт кореляції дорівнював 0,78-0,64, а для хлорофілу b – 0,28-0,40. За роками досліджень відносно тісний зв'язок вмісту хлорофілу b з урожаєм зерна нуту відмічено за менш сприятливих погодних умов 2018 року (16,0 відсотків впливу проти 1,0-7,8% – в інші роки), а хлорофілу α – у більш сприятливий 2016 рік (60,8% проти 32,5-41,0%).

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Бобков С.В., Бычков И.А. Содержание фотосинтетических пигментов и активность ферментов окислительного стресса у диких образцов гороха. *Земледелие*. № 4. С. 29–33. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10409.
- Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В. Большой практикум по фотосинтезу. Москва : Академия, 2003. 256 с.
- Гангур В.В., Єремко Л.С., Сокирко Д.П. Формування продуктивності нуту залежно від технологічних факторів в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Зернові культури*. 2017. Том 1. № 2. С. 264–269.
- Грюнер Л.А., Кулешова О.В. Количество и соотношение фотосинтетических пигментов в листьях ежевики. *Современное садоводство*. 2018. № 3. С. 74–80.
- Іосипенко О.О., Кисличенко В.С., Омельченко З.І. Вивчення пігментів листя кабачків. Сучасні досягнення фармацевтичної науки в створенні та стандартизації лікарських засобів і дієтичних добавок, що містять компоненти природного походження : *матеріали II Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, м. Харків, 11 березня 2020 р.* Харків : Національний фармацевтичний університет, 2020. С. 67–68. URL: <http://dspace.nuph.edu.ua/handle/123456789/22617>.
- Калинина А.В., Лящева С.В. Состав и содержание пигментов фотосинтеза в листьях проростков озимой пшеницы. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2018. Т. 20. № 2(2). С. 286–290.
- Кривенко А.І., Бурикін С.І. Пігментна система фотосинтетичного апарату пшениці озимої за дії мікроелементу цинк. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 102. С. 57–67.

8. Макаруч М.О. Господарсько цінні властивості нуту (*Cicer arietinum* L.) в умовах Правобережного Лісостепу. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Умань. 2021. Випуск 98. Частина 1. С. 210–219. DOI 10.31395/2415-8240-2021-98-1-210-219.
9. Приседський Ю.Г. Фотосинтез. Методичний посібник з виконання лабораторних робіт та самостійної роботи. Вінниця : ДонНУ, 2016. 68 с. С. 20–21.
10. Рожков А.О. Склад та співвідношення пігментів фотосинтезу в листках рослин тритикале ярого за дії підживлень посівів сечовиною з мікродобривами *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. Умань. 2013. Випуск 83. Ч. 1. С. 49–56.
11. Рожков А.О. Вміст пігментів фотосинтезу в листках рослин пшениці твердої ярої за дії підживлень посівів сечовиною та мікродобривами. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія Агрономія*. 2014. Вип. 195(1). С. 101–107.
12. Сайдаминон Х.Х., Маниязова Н.А., Атоев М.Х., Абдуллаев А.А. Содержание хлорофиллов у некоторых бобовых культур в условиях почвенной засухи. *Доклады академии наук Республики Таджикистан*. 2016. Том 59. № 9-10. С. 428–433.
13. Стоцька С.В. Концентрація хлорофілу в листках рослин конюшини лучної залежно від впливу агротехнічних прийомів вирощування в умовах Полісся Центрального. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2017. № 2(61). Т. 1. С. 72–77.
14. Тимирязев К.А. Солнце, жизнь и хлорофилл. Публичные лекции, речи и научные исследования. *Избранные сочинения*. Москва : ОГИЗ-СЕЛЬХОЗГИЗ, 1948. Том 1. С. 696.
15. Barlow K.M., Christy B.P., O'leary G.J., Ri\_kin P.A., Nuttall J.G. (2015) Simulating the impact of extreme heat and frost events on wheat crop production: A review. *Field Crop. Res.* 171. P. 109–119.
16. Cudjoe G.P., Antwi-Agyei P., Gyampoh B.A. (2021) The Effect of Climate Variability on Maize Production in the Ejura-Sekyedumase Municipality, Ghana. *Climate*. Volume 9. Issue 10. P. 145–159. URL: <https://doi.org/10.3390/cli910014>.
17. Di Mola I., Conti S., Cozzolino E., Melchionna G., Ottaiano L., Testa A., Sabatino L., Roupheal Y., Mori M. (2021) Plant-Based Protein Hydrolysate Improves Salinity Tolerance in Hemp: Agronomical and Physiological Aspects. *Agronomy*. 11. 342. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy11020342>.
18. ElBessa M., Abdelrahman S.M., Tonbol K., Shaltout M. (2021) Dynamical Downscaling of Surface Air Temperature and Wind Field Variabilities over the Southeastern Levantine Basin, Mediterranean Sea. *Climate*. Volume 9. Issue 10. 150. URL: <https://doi.org/10.3390/cli9100150>.
19. Hak R., Rinderle-zimmer U., Lichtenthaler H.K., Natr L. (1993) Chlorophyll-a Fluorescence Signatures of Nitrogen Deficient Barley Leaves. *Photosynthetica*. 28. P. 151–159.
20. Lüttger A. B., Feike, T. (2018) Development of heat and drought related extreme weather events and their effect on winter wheat yields in Germany. *Theoretical and Applied Climatology*. 132. P. 15–29.
21. Rizvi A.H., Dwivedi V.K., Sairam R.K., Yadav S.S., Bharadwaj Ch., Sarker A., Alam A. (2014) Physiological Studies on Moisture Stress Tolerance in Chickpea (*Cicer Arietinum* L.) Genotypes. *International Journal of Scientific Research in Agricultural Sciences*. 1(2). P. 23–31. URL: <http://dx.doi.org/10.12983/ijrsas-2014-p0023-0031>.
22. Sivasakthi K., Marques E., Kalungwana Ng., Carrasquilla-Garcia N., Chang P L., Bergmann E.M., Bueno E., Cordeiro M., Sani S G A.S., Udupa S. M., Rather I. A., Mir R. Rouf, Vadez V., Vandemark G. J., Gaur P. M., Cook D. R., Boesch Ch., E. J.B. von Wettberg, Kholova Ja. and Penmetsa R. V. (2019) Functional Dissection of the Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Stay-Green Phenotype Associated with Molecular Variation at an Ortholog of Mendel's I Gene for Cotyledon Color: Implications for Crop Production and Carotenoid Biofortification. *International Journal of Molecular Sciences*. 20:5562. doi:10.3390/ijms20225562.
23. Skrynyk O, Aguilar E, Skrynyk O, Sidenko V, Boichuk D, Osadchyi V. (2019) Quality control and homogenization of monthly extreme air temperature of Ukraine. *International Journal of Climatology* 39:2071–2079. URL: <https://doi.org/10.1002/joc.5934>.
24. Sousa J.R.M., Gheyi H.R., Brito M.E.B., Lacerda C. F., Silva F.V., Soares F.A.L. (2016) Soares Quantum efficiency of photosystem II and production of orange under salt stress and nitrogen fertilization. *Soil, Water and Plant Management*. V. 20. N. 5. P. 434–440. URL: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi>.
25. Timm S., Florian A., Fernie AR., Bauwe H. (2016) The regulatory interplay between photorespiration and photosynthesis. *Journal of Experimental Botany*. 67(10):2923–9. doi: 10.1093/jxb/erw083.
26. Trinka M., Olesen J.E., Kersebaum K.C., Rötter R.P., Brzdil R., Eitzinger J. (2016) Changing regional weather-crop yield relationships across Europe between 1901 and 2012. *Climate Res.* Issue 70. P. 195–214.
27. Tryhuba Olena, Pyda Svitlana (2014) Photosynthetic activity of *Lupinus albus* when ryzobiofit and plant growth regulators are used. *British Journal of Science, Education and Culture*. № 1(5). P. 50–55.
28. Xu A., Li L., Xie J., Wang X., Coulter J.A., Liu, C., Wang L. (2020) Effect of Long-Term Nitrogen Addition on Wheat Yield, Nitrogen Use Efficiency, and Residual Soil Nitrate in a Semiarid Area of the Loess Plateau of China. *Sustainability*. 12. 1735. doi:10.3390/su12051735.
29. Zangani E., Afsahi K., Shekari, F., Mac Sweeney E., Mastinu A. (2021) Nitrogen and Phosphorus Addition to Soil Improves Seed Yield, Foliar Stomatal Conductance, and the Photosynthetic Response of Rapeseed (*Brassica napus* L.). *Agriculture*. 11. 483. URL: <https://doi.org/10.3390/agriculture11060483>.
30. Wettstein D. (1957) Von Chlorophyll-letale und der submicroscopische Formwechsel der Plastiden. *Experimental Cell Research*. Vol. 12. No 23. P. 427.

## REFERENCES:

1. Bobkov S. V., Bychkov I. A. (2018) Soderzhaniye fotosinteticheskikh pigmentov i aktivnost' fermentov oksislitel'nogo stressa u dikikh obraztsov gorokha. [Contents of Photosynthetic Pigments and Activity of Oxidative Stress Enzymes in Wild Pea.]. *Zemledeliye -Agriculture*. 4. 29-33 (in Russian)

2. Gavrilenko V.F., Zhigalova T.V. (2003) Bol'shoy praktikum po fotosintezu. [Large workshop on photosynthesis.] Akademiya. Moskva. 256. (in Russian)
3. Hanhur V. V., Yeremko L. S., Sokyрко D.P. (2017) Formuvannya produktyvnosti nutu zalezno vid tekhnolohichnykh faktoriv v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrayiny [Formation of chickpea productivity depending on technological factors in the conditions of the left-bank Forest-steppe of Ukraine]. *Zernovi kul'tury – Grain Crops*. 1( 2). 264-269 (in Ukrainian).
4. Gryuner L.A., Kuleshova O.V. (2018) Kolichestvo i sootnosheniye fotosinteticheskikh pigmentov v list'yakh yezheviki [Quantity and ratio of photosynthetic pigments in blackberry leaves]. *Sovremennoye sadovodstvo -Modern gardening*. 3. 74-80. (in Russian)
5. Iosypenko, O. O., Kyslychenko V.S., Omelchenko Z.I. (2020) Vyvchennia pihmentiv lystia kabachkiv [Study of zucchini leaf pigments]. *Suchasni dosiahnennia farmatsevtichnoi nauky v stvorenni ta standartyzatsii likarskykh zasobiv i diietychnykh dobavok, shcho mistiat komponenty pryrodnoho pokhodzhennia : materialy II Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi internet-konferentsii, m. Kharkiv, 11 bereznia 2020 r.* – Modern achievements of pharmaceutical science in the creation and standardization of drugs and dietary supplements containing components of natural origin: Proceedings of the II International Scientific and Practical Internet Conference, Kharkiv, March 11, 2020. *Natsionalnyi farmatsevtichnyi universytet. Xarkiv*. 67-68. <http://dspace.nuph.edu.ua/handle/123456789/22617> (in Ukrainian).
6. Kalinina A.V., Lyashcheva S.V. (2018) Sostav i sodержaniye pigmentov fotosinteza v list'yakh prorostkov ozimoy pshenitsy [Structure and the maintenance of pigments of photosynthesis in leaves of sprouts of winter wheat]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk – Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 20. № 2 (2). 286-290. (in Russian)
7. Kryvenko A.I., Burykina S.I. (2018). Pyhmentna sistema fotosyntetychnoho aparatu pshenytsi ozymoyi za diyi mikroelementu tsynk [Pigment system of photosynthetic apparatus of winter wheat for the action of trace element zinc]. *Tavriys'kyi naukovyy visnyk- Tavrichesky scientific bulletin*. Vydavnychiy dim Helvetyka Kherson. 102. 57-67 (in Ukrainian).
8. Makarchuk M.O. (2021) Hospodarsko tsinni vlastyvoli nutu (Cicer arietinum L.) v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu [The economically and valuable feature of selection number of chickpea (Cicer arietinum L.) in the condition of the Right-Bank Forest-Steppe] *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva. – Collection of scientific works of Uman National University of Horticulture*. Uman. 98 (1). 210-219. DOI 10.31395/2415-8240-2021-98-1-210-219(in Ukrainian).
9. Pryseds'kyi YU. H. (2016) Fotosintez. Metodichnyy posibnyk z vykonannya laboratornykh robot ta samostiyanoi roboty [Photosynthesis. Methodical manual for laboratory work and independent work]. DonNU. Vinnytsya. 68. 20-21(in Ukrainian).
10. Rozhkov A. O. (2013) Sklad ta spivvidnoshennia pihmentiv fotosintezu v lystkakh roslyn trytykale yarocho za dii pidzhyvlen posiviv sechovynoiu z mikrodobryvamy. [The composition and the ratio of photosynthetic pigments in leaves of spring triticale depending on fertilizing crops with urea and micro fertilizers]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva. – Collection of scientific works of Uman National University of Horticulture*. Uman. 83 (1). 49-56. (in Ukrainian).
11. Rozhkov A. O. (2014) Vmist pihmentiv fotosintezu v lystkakh roslyn pshenytsi tverdoyi yarocho za diyi pidzhyvlen' posiviv sechovynoyu ta mikrodobryvamy [The content of photosynthetic pigments in the leaves of durum wheat plants under the action of fertilizing crops with urea and microfertilizers.]. *Naukovyy visnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny. Seriya Ahronomiya – Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Agronomy series*. 195 (1). 101–107 (in Ukrainian).
12. Saydaminov KH.KH., Maniyazova N.A., Atoyev M.KH., Abdullayev A.A. (2016) Soderzhaniye khlorofillov u nekotorykh bobovykh kul'tur v usloviyakh pochvennoy zasukhi [Content of green pigments on legumes in condition soil drought]. *Doklady akademii nauk Respubliki Tadzhikistan -Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan*. 59 ( 9-10). 428-433. (in Russian)
13. Stots'ka S.V. (2017). Kontsentratsiya khlorofilu v lystkakh roslyn konyushyny luchnoyi zalezno vid vplyvu ahrotekhnichnykh pryomiv vyroshchuvannya v umovakh Polissya Tsentral'noho [The chlorophyll concentration in the leaves of the plants of broadleaved clover depending on the influence of agrotechnical cultivation methods in conditions of Central Polissia]. *Visnyk Zhytomyr'skoho natsional'noho ahroekolohichnoho universytetu – Bulletin of Zhytomyr National Agroecological University*. 2 (61). 1. 72-77. (in Ukrainian).
14. Timiryazev K.A. (1948) Solntse, zhizn' i khlorofil. Publichnyye lektsii, rechi i nauchnyye issledovaniya. Izbrannyye sochineniya [Sun, life and chlorophyll. Public lectures, speeches and scientific research. Selected writings]. OGIZ-SEL'KHOZGIZ. Moskva. 1. 696. (in Russian)
15. Barlow K.M., Christy B.P., O'leary G.J., Ri\_kin P.A., Nuttall J.G. (2015) Simulating the impact of extreme heat and frost events on wheat crop production: A review. *Field Crop. Res*. 171. 109–119.
16. Cudjoe G.P., Antwi-Agyei P., Gyampoh B.A. (2021) The Effect of Climate Variability on Maize Production in the Ejura-Sekyedumase Municipality, Ghana. *Climate*. Volume 9. Issue 10. P. 145-159. <https://doi.org/10.3390/cli910014>.
17. Di Mola I., Conti S., Cozzolino E., Melchionna G., Ottaiano L., Testa A., Sabatino L., Roupheal Y., Mori M. (2021) Plant-Based Protein Hydrolysate Improves Salinity Tolerance in Hemp: Agronomical and Physiological Aspects. *Agronomy*. 11. 342. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020342>.
18. ElBessa M., Abdelrahman S.M., Tonbol K., Shaltout M. (2021) Dynamical Downscaling of Surface Air Temperature and Wind Field Variabilities over the Southeastern Levantine Basin, Mediterranean Sea. *Climate*. Volume 9. Issue 10. 150. <https://doi.org/10.3390/cli9100150>.

19. Hak R., Rinderle-zimmer U., Lichtenthaler H.K., Natr L. (1993) Chlorophyll-a Fluorescence Signatures of Nitrogen Deficient Barley Leaves. *Photosynthetica*. 28. 151–159.
20. Lüttger A.B., Feike, T. (2018) Development of heat and drought related extreme weather events and their effect on winter wheat yields in Germany. *Theoretical and Applied Climatology*. 132. 15–29.
21. Rizvi A.H., Dwivedi V.K., Sairam R.K., Yadav S.S., Bharadwaj Ch., Sarker A., Alam A. (2014) Physiological Studies on Moisture Stress Tolerance in Chickpea (*Cicer Arietinum* L.) Genotypes. *International Journal of Scientific Research in Agricultural Sciences*, 1(2). 23–31. <http://dx.doi.org/10.12983/ijrsas-2014-p0023-0031>
22. Sivasakthi K., Marques E., Kalungwana Ng., Carrasquilla-Garcia N., Chang P. L., Bergmann E.M., Bueno E., Cordeiro M., Sani S. G. A.S., Udupa S. M., Rather I. A., Mir R. Rouf, Vadez V., Vandemark G. J., Gaur P. M., Cook D. R., Boesch Ch., E. J.B. von Wettberg, Kholova Ja. and Penmetsa R. V. (2019) Functional Dissection of the Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Stay-Green Phenotype Associated with Molecular Variation at an Ortholog of Mendel's I Gene for Cotyledon Color: Implications for Crop Production and Carotenoid Biofortification. *International Journal of Molecular Sciences*. 20:5562. doi:10.3390/ijms20225562
23. Skrynyk O., Aguilar E., Skrynyk O., Sidenko V., Boichuk D., Osadchyi V. (2019) Quality control and homogenization of monthly extreme air temperature of Ukraine. *International Journal of Climatology*. 39:2071–2079. <https://doi.org/10.1002/joc.5934>
24. Sousa J.R.M., Gheyi H.R., Brito M.E.B., Lacerda C. F., Silva F.V., Soares F.A.L. (2016) Soares Quantum efficiency of photosystem II and production of orange under salt stress and nitrogen fertilization. *Soil, Water and Plant Management*. 20 (5). 434–440. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi>.
25. Timm S., Florian A., Fernie A.R., Bauwe H. (2016) The regulatory interplay between photorespiration and photosynthesis. *Journal of Experimental Botany*. 67(10):2923–9. doi: 10.1093/jxb/erw083.
26. Trinka M., Olesen J.E., Kersebaum K.C., Rötter R.P., Brázdl R., Eitzinger J. (2016) Changing regional weather-crop yield relationships across Europe between 1901 and 2012. *Climate Research*. Issue 70. 195–214.
27. Tryhuba Olena, Pyda Svitlana (2014) Photosynthetic activity of *Lupinus albus* when ryzobofit and plant growth regulators are used. *British Journal of Science, Education and Culture*. 1(5). 50–55.
28. Xu A., Li L., Xie J., Wang X., Coulter J.A., Liu, C., Wang L. (2020) Effect of Long-Term Nitrogen Addition on Wheat Yield, Nitrogen Use Efficiency, and Residual Soil Nitrate in a Semiarid Area of the Loess Plateau of China. *Sustainability*. 12. 1735. doi:10.3390/su12051735
29. Zangani E., Afshahi K., Shekari, F., Mac Sweeney E., Mastinu A. (2021) Nitrogen and Phosphorus Addition to Soil Improves Seed Yield, Foliar Stomatal Conductance, and the Photosynthetic Response of Rapeseed (*Brassica napus* L.). *Agriculture*. 11. 483. <https://doi.org/10.3390/agriculture11060483>
30. Wettstein D. (1957) Von Chlorophyll-letale und der submicroscopische Formwechsel der Plastiden. *Experimental Cell Research*. 12. ( 23). 427.

### Бурикiна С.І., Парлікошко М.С. Синтез хлорофілів в рослинах нуту за дії мінеральних добрив та інокулянтів

Упродовж 2016–2018 рр. вивчали вплив різних доз мінеральних добрив, способів їх внесення, допосівної інокуляції насіння на вміст хлорофілів нуту. Місце проведення досліджень – Одеська область, зона сухого Причорноморського степу. Ґрунт – чорнозем південний малогумусний важкосуглинковий на лесових відкладах; забезпеченість доступними формами фосфору та калію – середня, нітратним азотом – низька.

Нут сорту Пам'ять, попередник – пшениця озима. Дослід двофакторний: фактор А – система удобрення: під посівну культивування вносили Р30К30, в інших варіантах фосфорно-калійні добрива доповнювали азотними в дозі 30 та 60 кг/га на початку фаз гілкування та цвітіння, присутні варіанти з внесенням повного мінерального N30-60P30K30 та азотного моно добрива N30-60; фактор В – передпосівний обробіток насіння: без обробітку, БТУ- інокулянт, ризобіфіт, ризогумін.

Листя нуту відбирали з верхньої частини основного стебла за фазами росту; витяжки готували в 100% ацетоні; вимірювання проводили методом спектрофотометрії: хлорофіл а – довжина хвилі 662 нм, хлорофілу b – 644 нм; концентрацію пігментів визначали за формулами D. Wettstein. Статистичний обробіток результатів проводили згідно із загальноприйнятими методиками з використанням стандартного пакету програми "Statistica-6".

Роки досліджень дуже різнилися за погодними умовами: кількість опадів за період активної вегетації нуту (з квітня по першу декаду серпня) становила: 2016 р. – 245,3 мм, 2017 р. – 238,0 мм та 2018 р. – 66,0 мм. Вегетація нуту протягом 2018 року проходила в умовах ґрунтової посухи. Гідротермічний коефіцієнт в середньому за вегетацію дорівнював 0,26 з коливаннями від 0,01 до 0,56 і визначався нестачею опадів, оскільки середньомісячні температури повітря лише в квітні і травні були вищі за інші роки, а з червня по серпень нижчі за 2016 рік на 1,4–0,8 та 1,3о С, проти 2017 року – на 1,0–1,2 та 0,3о С. Запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту в період від початку наливу до повної стиглості зерна нуту у 2018 році коливалися від 30,2 мм до 0,0 мм; 2017 р. – від 56,7 мм до 33,8 мм і у 2016 р. – від 110,2 до 64,5 мм.

За результатами досліджень встановлено:

1) пул хлорофілів змінюється за фазами розвитку, за варіантами удобрення і варіантами передпосівного обробітку насіння; максимальний вміст зелених пігментів був у фазі цвітіння та початку наливу і дорівнював 2,51–2,69 мг/г сирої речовини на варіантах сумісної дії інокулянтів і добрив (N30-60P30K30 та N30-60) проти 1,87–1,83 мг/г – контроль без добрив і без інокуляції насіння; різниця між дозами внесення азотних добрив – математично не суттєва;

2) здатність інокулянтів спричинювати підвищення вмісту хлорофілів в листках нуту визначалася фоном удобрення: максимальна їх відносна ефективність спостерігалася на неудобреному варіанті і при внесенні фосфорно-калійних добрив (Р30К30); у фазу цвітіння інокулянти розташовуються в наступний ряд ризогумін > ризобіфіт > БТУ, а при дозріванні – БТУ > ризогумін > ризобіфіт;

3) за умов ґрунтової посухи зменшується синтез хлорофілів, особливо фракції α і співвідношення α / b коливалося в межах від 2,03 до 1,54 проти 3,89...2,73 в оптимальних умовах;

4) співвідношення між фракціями хлорофілів мало тенденцію до зменшення за фазами розвитку рослин нуту і варіантами бактеризації при переході від фосфорно-калійного добрива та повного до чисто азотного за рахунок зростання частки хлорофілу *b* в сумі хлорофілів, яке складало від 1,5% до 3,5%;

5) існує прямий кореляційний зв'язок між концентрацією хлорофілів в листі нуту у фазу цвітіння і рівнем урожайності: для пари урожай – хлорофіл  $\alpha$  коефіцієнт кореляції дорівнював 0,78-0,64, а для хлорофілу *b* – 0,28-0,40; за роками досліджень відносно тісніший зв'язок вмісту хлорофілу *b* урожаєм зерна нуту відмічено за менш сприятливі погодні умови 2018 року (16,0 відсотків впливу проти 1,0-7,8% – в інші роки), а хлорофілу  $\alpha$  – у більш сприятливий 2016 рік (60,8% проти 32,5-41,0%).

**Ключові слова:** нут, мінеральні добрива, інокуляція, хлорофіл.

**Burykina S.I., Parlikokoshko M.S. Synthesis of chlorophylls in chickpea plants under the action of mineral fertilizers and inoculants**

During 2016–2018 we studied the effect of different doses of mineral fertilizers, methods of their application, pre-sowing inoculation of seeds on the content of chickpea chlorophyll. The place of research is Odessa region, dry zone of the Black Sea steppe. Soil – southern low-humus heavy loam chernozem on forest deposits; availability of available forms of phosphorus and potassium – medium, nitrate nitrogen – low. Chickpea variety Memory, predecessor – winter wheat. Two-factor experiment: factor A – fertilizer system: P30K30 was applied for sowing cultivation, in other variants phosphorus-potassium fertilizers were supplemented with nitrogen at a dose of 30 and 60 kg / ha at the beginning of branching and flowering phases, there are variants with full mineral N30-60P30K30 and mono fertilizers N30-60; factor B – pre-sowing seed treatment: without treatment, BTU-inoculant, rhizobophyte, rhizohumin.

Chickpea leaves were selected from the upper part of the main stem by phases of growth; hoods were prepared in 100% acetone; measurements were performed by spectrophotometry: chlorophyll *a* – wavelength 662 nm, chlorophyll *b* – 644 nm; the concentration of pigments was determined by the formulas of D. Wettstein. Statistical processing of the results was performed according to generally accepted methods using the standard package of the program "Statistica-6".

The years of research differed greatly in weather conditions: the amount of precipitation during the period of active vegetation of chickpeas (from April to the first decade of August) was: 2016 – 245.3 mm, 2017 – 238.0 mm and 2018 – 66.0 mm. Chickpea vegetation during 2018 took place in conditions of soil drought. The hydrothermal

coefficient averaged 0.26 during the growing season with fluctuations from 0.01 to 0.56 and was determined by the lack of precipitation because the average monthly air temperatures only in April and May were higher than in other years, and from June to August lower than 2016 by 1, 4-0.8 and 1.3o C, compared to 2017 – by 1.0-1.2 and 0.3o C. Stocks of productive moisture in a meter layer of soil in the period from the beginning of filling to the full maturity of chickpea grain in 2018 fluctuated from 30.2 mm to 0.0 mm; 2017 – from 56.7 mm to 33.8 mm and in 2016 – from 110.2 to 64.5 mm.

According to the results of research, the following has been established:

1) the pool of chlorophyll varies according to the phases of development, fertilizer options and pre-sowing seed treatment options; the maximum content of green pigments was in the phase of flowering and the beginning of filling and was equal to 2.51-2.69 mg / g of raw material in the options of combined action of inoculants and fertilizers (N30-60P30K30 and N30-60) against 1.87-1.83 mg / g – control without fertilizers and without inoculation of seeds; the difference between the doses of nitrogen fertilizers is not mathematically significant;

2) the ability of inoculants to increase the content of chlorophyll in chickpea leaves was determined by the background of fertilizer: their maximum relative efficiency was observed in the unfertilized version and when applying phosphorus-potassium fertilizers (P30K30); in the flowering phase inoculants are located in the next row rhizohumin> rhizobophyte> BTU, and when ripe – BTU> rhizohumin> rhizobophyte;

3) under conditions of soil drought, the synthesis of chlorophyll decreases, especially the  $\alpha$  fraction and the  $\alpha$  / *b* ratio ranged from 2.03 to 1.54 against 3.89... 2.73 under optimal conditions;

4) the ratio between the fractions of chlorophyll tended to decrease according to the stages of development of chickpea plants and bacterization options in the transition from phosphorus-potassium fertilizer and complete to pure nitrogen due to increasing the share of chlorophyll *b* in the amount of chlorophyll from 1.5% to 3.5%;

5) there is a direct correlation between the concentration of chlorophyll in chickpea leaves in the flowering phase and the level of yield: for the pair crop – chlorophyll  $\alpha$  the correlation coefficient was 0.78 – 0.64, and for chlorophyll *b* – 0.28 – 0.40; according to research years, a relatively closer relationship between chlorophyll *b* and chickpea grain yield was observed in less favorable weather conditions in 2018 (16.0 percent of the impact against 1.0-7.8% in other years), and chlorophyll  $\alpha$  – in more favorable 2016 (60.8% vs. 32.5-41.0%).

**Key words:** chickpeas, mineral fertilizers, inoculation, chlorophyll.



## **ФОРМУВАННЯ ЛИСТКОВОГО АПАРАТУ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКА ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЙОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗА ВПЛИВУ УДОБРЕННЯ**

**ГАРБАР Л.А.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

*orcid.org/0000-0003-4249-0434*

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**ДОВБАШ Н.І.** – кандидат сільськогосподарських наук

*orcid.org/0000-0002-4741-2657*

Національний науковий центр «Інститут землеробства

Національної академії аграрних наук України»

**ВЕНГЕР В.В.** – магістр

*orcid.org/0000-0001-8685-8726*

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Постановка проблеми.** Нині головним завданням галузі рослинництва є продовольча безпека населення планети. Проте перед галуззю стоять ще завдання забезпечення тваринництва кормами, а промисловості – сировиною. У нинішніх умовах актуальним є також ведення землеробства з урахуванням енергоощадних, малозатратних та ґрунтозахисних систем. Варто віддати належне і нерегульованим чинникам навколишнього середовища, що відіграють суттєву роль у формуванні продуктивності культур, реалізації їх генетичного потенціалу. Зміна клімату, погіршення основних показників родючості ґрунтів, поява великої кількості нових сортів та гібридів культур, економічні чинники викликають необхідність оптимізувати технологічні заходи вирощування сільськогосподарських культур та шукати шляхи розвитку екологічно-безпечних, адаптованих до конкретних ґрунтово-кліматичних умов технологій [1–4].

Олійні культури на території України займають суттєві площі. Їх виробництво здатне забезпечити внутрішні потреби держави та формування експортного потенціалу. Надзвичайно важливим у агропромисловій галузі є нарощування обсягів вирощування олійних культур. У структурі олійних культур лідером за площами та обсягами виробництва є соняшник. Упродовж останніх десяти років площі під цією культурою збільшилися від 2 млн га до 6,5 млн га. Саме такий стрімкий темп нарощування виробництва соняшнику примушує замислюватися над перенасиченням сівозмін цією культурою, що спричиняє виснаження, висушування ґрунтів, призводячи до погіршення їх фізико-хімічних властивостей. Саме тому виникає необхідність та потреба в удосконаленні окремих технологічних процесів, які б забезпечили збільшення урожайності культури та максимальну реалізацію генетичного потенціалу гібридів та сортів, які сьогодні з'явилися на ринку.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Індивідуальна продуктивність рослин належить до чинників, якими можна керувати впродовж усього періоду вегетації через окремі елементи технології вирощування, системні підходи до створення оптимальних умов для реалізації генетичного потенціалу культур. Рослини в певні періоди свого росту та розвитку є надзвичайно уразливими до зовнішніх чинників. Саме цей фактор,

у поєднанні з несприятливими явищами, що виникають у навколишньому середовищі, здатний спричинити суттєве зниження продуктивності культури.

Соняшник на початкових етапах свого розвитку характеризується повільними темпами росту. Тому в цей період важливим є хімічний склад оболонки насіння соняшнику, який визначає швидкість проникнення вологи, доступ її до зародку, активізацію фізіологічних процесів у насінні.

Варто зазначити, що впродовж вегетації потреба в основних елементах живлення на різних етапах розвитку рослин досить різниться. Переважна більшість азоту, фосфору, калію та мікроелементів надходить до рослини до фази цвітіння. Саме цей період характеризується посиленням формуванням вегетативної маси. Максимальна потреба та інтенсивне засвоєння азоту відбувається від початку формування кошика до кінця фази цвітіння. Потреби та використання фосфору рослинами соняшнику є максимальними в період від сходів до цвітіння. Після утворення кошиків потреба у фосфорі різко зменшується. Калій є елементом, у якому рослини соняшнику мають потребу впродовж всього вегетаційного періоду. Найбільшу потребу в зазначеному елементі рослини мають у період від формування кошика до дозрівання.

Результати досліджень засвідчують, що застосування мінеральних добрив за вирощування соняшнику в умовах недостатнього зволоження забезпечує зростання врожайності культури та збільшення маси 1 000 сім'янок.

Сьогодні, з метою збільшення продуктивності гібридів та сортів соняшнику, актуальним є застосування допоміжних елементів у технологіях вирощування (проведення інокуляції насіння, позакоренових підживлень мікроелементами, біопрепаратами, препаратами антистресової дії). Досить часто перевагу надають препаратам, які у своєму складі мають різні за напрямом дії та хімічним складом препарати, що здатні забезпечити створення оптимальних умов живлення рослин на певному етапі їх росту та розвитку та в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах [5–12].

Завдяки створенню оптимальних умов живлення культури, особливо в критичні періоди по відношенню до їх потреби в конкретних поживних елементах, рос-



лина здатна сформувати оптимальну площу листової поверхні, що забезпечить максимальну реалізацію генетичного потенціалу відповідного гібриду чи сорту соняшника [2; 13–15].

Листковий апарат рослин має важливу роль у формуванні продуктивності будь-якої сільськогосподарської культури, що пов'язане з синтезом органічної речовини у процесі фотосинтезу. Окремі науковці пропонують прогнозувати урожайність за показниками листової поверхні культур на певних етапах їх розвитку. Багато досліджень спрямовані на визначення показників оптимальної площі листової поверхні, акцентуючи увагу на негативному впливі надмірно розвиненої площі листків.

Рослини соняшнику здатні розвивати потужну листову поверхню, яка може становити 45–80 тис. м<sup>2</sup>/га. Проте такий розмір поверхні листків переважно функціонує короткий період часу, що пов'язане з відмиранням нижніх листових пластинок рослини. Листкові пластинки соняшнику формуються впродовж 35–40 діб у період від сходів до початку формування кошику. За відповідний період на рослині соняшнику формується від 18 до 20 листків.

Таким чином, вивчення впливу умов живлення на ріст та розвиток гібридів соняшнику та виявлення оптимальної кількості їх внесення створює сприятливі умови для росту та розвитку культури та здатне забезпечити створення умов, необхідних для максимальної реалізації генетичного потенціалу культури в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах регіону.

**Мета статті.** Установити особливості формування асимілюючої поверхні рослин гібридів соняшнику РЖТ Марллен, Вольф, Альзан, ЕС Моналіза на різних етапах їх розвитку залежно від норми внесення мінеральних добрив за вирощування їх на чорноземах типових малогумусних.

**Матеріали та методи досліджень.** Дослідження виконано у відокремленому підрозділі Національного університету біоресурсів і природокористування України «Агрономічна дослідна станція» у Київській області. Польовий дослід закладено в стаціонарній польовій сівозміні кафедри рослинництва на чорноземах типових малогумусних з умістом гумусу 4,32%, низькою забезпеченістю азотом (50 мг/кг), середньою – фосфором (54,3 мг/кг) та калієм (142 мг/кг). Дослід двофакторний, чинник А – гібриди соняшнику (РЖТ Марллен, Вольф, Альзан, ЕС Моналіза), чинник В – норми внесення мінеральних добрив, розраховані балансовим методом на запланований врожай –  $N_{40}P_{20}K_{50}$ ;  $N_{55}P_{50}K_{70}$ ;  $N_{70}P_{80}K_{90}$ ;  $N_{85}P_{110}K_{110}$ .

Повторність досліду чотириразова. Попередник у досліді – пшениця озима. Густота рослин на період збирання – 55 тис. на га. Фосфорні та калійні добрива вносили восени під основний обробіток, азотні – під передпосівну культивування.

Мінеральні добрива вносили у вигляді аміачної селітри (34,4% N), суперфосфату простого (19% P), калію хлористого (60% K).

Визначення площі листової поверхні проводили методом сканування з подальшим розрахунком на густоту рослин на га. Фотосинтетичний потенціал визна-

чали розрахунковим методом. Збирання урожаю здійснювали методом комбайнового обмолоту з площі облікової ділянки. Фактично одержаний урожай перераховували на базисну вологість (8%) та з урахуванням наявності домішок [16–17].

**Результати досліджень.** Утворення органічної речовини рослин та її трансформація у них відбувається, як правило, за рахунок сонячної енергії, яка засвоюється під час фотосинтезу (до 90%), а решта (від кількох до 20–30%) – за рахунок мінерального живлення, переважно азоту, фосфору, калію, кальцію. У процесі свого росту і розвитку рослин визначають два фізіологічні процеси, які впливають на урожайність сільськогосподарських культур: а) – вегетація рослин, що забезпечує утворення листової поверхні, б) – фотосинтез. Ці показники є основними, що характеризують фотосинтетичну діяльність посівів. При цьому на фотосинтетичну діяльність на певній стадії впливають екзогенні фактори, які не відіграють помітної ролі через їх відносну постійність (освітленість, температура, уміст вуглекислоти в атмосфері та ін.), і їх варіювання виключно пов'язане з радіаційним режимом атмосфери (а саме з погодно-кліматичними умовами). Винятком є вміст мінеральних і органічних речовин в ґрунті, на які можна безпосередньо впливати.

У результаті проведених досліджень була встановлена пряма залежність між площею листової поверхні соняшника та фоном мінерального удобрення. По мірі росту та розвитку рослин гібридів соняшнику площа їх листової поверхні зростала, сягаючи максимальних показників у період проходження мікростадій 64–68. Даний період у розвитку рослин гібридів соняшнику характеризувався площею асимілюючої поверхні у середньому за варіантами удобрення, яка змінювалася від 44,0 тис. м<sup>2</sup>/га до 47,0 тис. м<sup>2</sup>/га.

Результати проведених нами досліджень засвідчили, що розвиток площі листків у гібридів на різних етапах їх росту та розвитку суттєво різнився за показниками. При цьому чіткої динаміки чи залежностей нами встановлено не було (табл. 1). У свою чергу, варто зазначити, що максимальних значень площа листової поверхні досягла на варіанті удобрення  $N_{85}P_{110}K_{110}$  за вирощування гібриду Вольф за проходження мікростадій 64–68 та становила 48,5 тис. м<sup>2</sup>/га.

Розрахунок показників фотосинтетичного потенціалу посівів (ФПП) дозволив зробити висновки, що отримані показники мають аналогічні залежності між нормами удобрення та значеннями ФПП (табл. 2).

Максимальних значень фотосинтетичного потенціалу посівів було досягнуто на варіанті удобрення  $N_{85}P_{110}K_{110}$  за вирощування гібриду Вольф на 14–58 мікростадій з показником 1,327 млн м<sup>2</sup>/га\*діб.

Результати проведених досліджень засвідчують залежність між площею листової поверхні та нормами внесення мінеральних добрив. Зміни площі асимілюючої поверхні, згідно з регресійним аналізом, характеризуються поліноміальною залежністю. Залежність площі листової поверхні посівів (y) залежно від норми внесення добрив (x) можна описати для гібриду Вольф таким рівнянням:  $y = -0,325x^2 + 2,555x + 40,07$  з  $R^2 = 0,999$ .

Таблиця 1

Динаміка площі листової поверхні посівів соняшнику, середнє за 2020–2021 рр., тис. м<sup>2</sup>/га

| Варіанти<br>удобрєння                             | Мікростадія<br>шкала ВВСН | Вольф        | ЕС Моналіза | РЖТ Марллен | Альзан      |
|---------------------------------------------------|---------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| N <sub>40</sub> P <sub>20</sub> K <sub>50</sub>   | 14–18                     | 18,7         | 19,1        | 18,5        | 18,1        |
| N <sub>55</sub> P <sub>50</sub> K <sub>70</sub>   |                           | 21,8         | 19,8        | 19,2        | 18,3        |
| N <sub>70</sub> P <sub>80</sub> K <sub>90</sub>   |                           | 23,7         | 21,5        | 20,9        | 20,1        |
| N <sub>85</sub> P <sub>110</sub> K <sub>110</sub> |                           | 24,3         | 22,2        | 21,5        | 21,2        |
| V, %                                              |                           | <b>11,39</b> | <b>6,99</b> | <b>7,03</b> | <b>7,65</b> |
| N <sub>40</sub> P <sub>20</sub> K <sub>50</sub>   | 54–58                     | 31,7         | 29,9        | 29,5        | 28,5        |
| N <sub>55</sub> P <sub>50</sub> K <sub>70</sub>   |                           | 34,5         | 30,7        | 30,9        | 29,9        |
| N <sub>70</sub> P <sub>80</sub> K <sub>90</sub>   |                           | 36,0         | 32,1        | 32,3        | 32,5        |
| N <sub>85</sub> P <sub>110</sub> K <sub>110</sub> |                           | 37,5         | 35,1        | 34,5        | 34,6        |
| V, %                                              |                           | <b>7,08</b>  | <b>7,16</b> | <b>6,71</b> | <b>8,65</b> |
| N <sub>40</sub> P <sub>20</sub> K <sub>50</sub>   | 64–68                     | 45,1         | 43,3        | 42,3        | 44,2        |
| N <sub>55</sub> P <sub>50</sub> K <sub>70</sub>   |                           | 46,7         | 45,3        | 43,9        | 45,3        |
| N <sub>70</sub> P <sub>80</sub> K <sub>90</sub>   |                           | 47,5         | 46,2        | 44,8        | 45,6        |
| N <sub>85</sub> P <sub>110</sub> K <sub>110</sub> |                           | 48,5         | 46,8        | 45,1        | 46,2        |
| V, %                                              |                           | <b>3,06</b>  | <b>3,37</b> | <b>2,86</b> | <b>1,85</b> |
| N <sub>40</sub> P <sub>20</sub> K <sub>50</sub>   | 74–77                     | 38,3         | 37,1        | 36,3        | 37,7        |
| N <sub>55</sub> P <sub>50</sub> K <sub>70</sub>   |                           | 39,1         | 39,2        | 38,2        | 38,4        |
| N <sub>70</sub> P <sub>80</sub> K <sub>90</sub>   |                           | 39,4         | 39,7        | 39,1        | 39,1        |
| N <sub>85</sub> P <sub>110</sub> K <sub>110</sub> |                           | 39,8         | 39,9        | 39,6        | 39,4        |
| V, %                                              |                           | <b>1,62</b>  | <b>3,29</b> | <b>3,80</b> | <b>1,96</b> |

Таблиця 2

Фотосинтетичний потенціал посівів соняшнику, середнє за 2020–2021 рр., млн м<sup>2</sup>/га\*діб

| Варіанти<br>удобрєння                             | Мікростадія<br>шкала ВВСН | Вольф       | ЕС Моналіза | РЖТ Марллен | Альзан      |
|---------------------------------------------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| N <sub>40</sub> P <sub>20</sub> K <sub>50</sub>   | 14–58                     | 1,131       | 1,102       | 1,081       | 1,058       |
| N <sub>55</sub> P <sub>50</sub> K <sub>70</sub>   |                           | 1,271       | 1,149       | 1,141       | 1,101       |
| N <sub>70</sub> P <sub>80</sub> K <sub>90</sub>   |                           | 1,299       | 1,170       | 1,162       | 1,149       |
| N <sub>85</sub> P <sub>110</sub> K <sub>110</sub> |                           | 1,327       | 1,232       | 1,205       | 1,201       |
| V, %                                              |                           | <b>6,93</b> | <b>4,64</b> | <b>4,50</b> | <b>5,47</b> |
| N <sub>40</sub> P <sub>20</sub> K <sub>50</sub>   | 64–77                     | 1,207       | 1,195       | 1,216       | 1,188       |
| N <sub>55</sub> P <sub>50</sub> K <sub>70</sub>   |                           | 1,258       | 1,222       | 1,246       | 1,210       |
| N <sub>70</sub> P <sub>80</sub> K <sub>90</sub>   |                           | 1,273       | 1,235       | 1,258       | 1,232       |
| N <sub>85</sub> P <sub>110</sub> K <sub>110</sub> |                           | 1,247       | 1,227       | 1,229       | 1,217       |
| V, %                                              |                           | <b>2,27</b> | <b>1,42</b> | <b>1,50</b> | <b>1,51</b> |

При вивченні різних гібридів соняшнику встановлено тісний кореляційний зв'язок між вказаними показниками, а рівняння залежності мало такий вигляд: для гібриду ЕС Моналіза  $y = -0,35x^2 + 2,89x + 40,8$  з  $R^2 = 0,995$ ; РЖТ Марллен –  $y = -0,15x^2 + 1,85x + 43,45$  з  $R^2 = 0,991$ ; для Альзану –  $y = -0,125x^2 + 1,255x + 43,12$  з  $R^2 = 0,971$ .

Нашими дослідженнями встановлено, що на формування продуктивності гібридів соняшнику позитивно впливає застосування добрив.

Урожайність насіння гібридів змінювалася залежно від умов живлення, створених варіантами удобрення, і становила для гібриду Вольф від 2,52 до 3,21 т/га, тоді як для гібриду ЕС Моналіза – 2,44–3,19, РЖТ Марллен – 2,25–3,11, Альзан – 2,21–2,96 т/га.

Установлено лінійну залежність на основі кореляційно-регресійного аналізу між варіантами удобрення та сформованою урожайністю гібридів, які вивчали.

**Висновки.** Установлено залежність між площею листової поверхні гібридів соняшнику та нормами внесення мінеральних добрив. Максимальні показники площі листової поверхні посівів гібридів соняшника формували на варіанті з внесенням N<sub>85</sub>P<sub>110</sub>K<sub>110</sub> при вирощуванні гібриду Вольф за проходження мікростадій 64–68, що відповідали 48,5 тис. м<sup>2</sup>/га. На основі регресійного аналізу встановлено, що зміни площі асимілюючої поверхні характеризуються поліноміальною залежністю з максимальним показником за норми внесення N<sub>85</sub>P<sub>110</sub>K<sub>110</sub>.

Застосування добрив виявило позитивний вплив на формування продуктивності гібридів соняшнику. За впливу умов живлення, створених варіантами удобрення, урожайність насіння гібриду Вольф змінювалася від 2,52 до 3,21 т/га, гібриду ЕС Моналіза – 2,44–3,19, РЖТ Марллен – 2,25–3,11, Альзан – 2,21–2,96 т/га. На

основі кореляційно-регресійного аналізу встановлено лінійну залежність між варіантами удобрення та сформованою урожайністю гібридів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Буга Н.Ю. Стан та проблеми аграрного сектора економіки України в сучасних умовах. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Миколаїв. 2014. Вип. 1(77). С. 64–70.
- Гамаюнова В.В., Кудріна В.С. Формування надземної маси і врожайності соняшнику під впливом окремих елементів технології вирощування. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. Миколаїв. 2020. Вип. 1. С. 50–57. doi: 10.31521/2313-092X/2020-1(105)-7.
- Гамаюнова В., Хоненко Л., Москва І., Кудріна В., Глушко Т. Вплив оптимізації живлення на продуктивність ярих олійних культур на чорноземі південному в зоні Степу України під впливом біопрепаратів. *Вісник Львівського національного аграрного університету*. Агрономія. 2019. № 23. С. 112–118. doi: 10.31734/agronomy 2019.01. 112.
- Тоцький В.М. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на формування продуктивності соняшнику. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2014. № 20. С. 204–209.
- Шакалій С.М. Формування врожайності та якості насіння соняшнику залежно від позакореневого підживлення. *Зернові культури*. 2017. Т. 1, № 1. С. 69–74.
- Ieremenko O., Kalitka V. (2016). Productivity of sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) under the effect if AKM plant growth regulator in the conditions low moisture of southern Steppe of Ukraine. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*. Vol. 9(9), Ver 1. P. 59–64. doi: 10.9790/2380-0909015964.
- Kalenska S., Ryzhenko A., Novytska N., Garbar L. et al. Morphological features of plants and yield of sunflower hybrids cultivated in the Northern part of the Forest-Steppe of Ukraine. *American journal of Plant Science*. 2020. Vol. 11, No. 8. P. 1331–1344. doi: 10.4236/ajps.2020.118095.
- Bailly C., Benamar A., Corbineau F., Come D. Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds as affected by priming. *Seed Science Research*. 2000. Vol. 10. P. 35–42.
- Miao Y. F., Wang Z. H., & Li S. X. (2015). Relation of nitrate N accumulation in dryland soil with wheat response to N fertilizer. *Field Crops Res*. 2015. Vol. 170. P. 119–130. doi: 10.1016/j.fcr.2014.09.016.
- Carvalho M. E. A., Castro P. R. de C. E., Ferraz Junior M. V. de C., Mendes A. C. C. M. Are plant growth retardants a strategy to decrease lodging and increase yield of sunflower? *Comunicata Scientiae*. 2016. Vol. 7(1). P. 154–159. doi: 10.14295/CS.v7i1.1286.
- Домарацький Є.О., Добровольський А.В. Особливості водоспоживання соняшника за різних умов мінерального живлення. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2017. № 1(65). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/8117>.
- Клименко І.І. Вплив регуляторів росту рослин і мікродобрива на урожайність насіння ліній та гібридів соняшнику. *Селекція і насінництво*. 2015. Вип. 107. С. 183–188.
- Helmy A. M., & Ramadan M. F. Agronomic performance and chemical response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to some organic nitrogen sources and conventional nitrogen fertilizers under sandy conditions. *Grasas Y Aceites*. 2009. Vol. 60. P. 55–67. doi: 10.3989/gya.032508.
- Каленська С.М., Гарбар Л.А., Горбатюк Е.М. Роль регуляторів сівби у формуванні фітометричних показників соняшнику. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 113. С. 49–55. doi: 10.32851/2226-0099.2020.113.7.
- Domaratskiy E.O. Bazaliy V.V. Influence of Mineral Nutrition and Combined Growth Regulating Chemical on Nutrient Status of Sunflower. *Indian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 45(1). P. 126–129.
- Дослідна справа в агрономії : навч. посібник: у 2 кн. – Кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / А.О. Рожков, В.К. Пузік, С.М. Каленська та ін.; за ред. А.О. Рожкова. Харків : Майдан, 2016. 316 с.
- Дослідна справа в агрономії : навч. посібник: у 2 кн. – Кн. 2. Теоретичні аспекти дослідної справи / А.О. Рожков, В.К. Пузік, С.М. Каленська та ін.; за ред. А.О. Рожкова. Харків : Майдан, 2016. 341 с.

#### REFERENCES:

- Buha, N. Yu. (2014). Stan ta problemy ahrarnoho sektora ekonomiky Ukrainy v suchasnykh umovakh [The state and problems of the agricultural sector of Ukraine's economy in modern conditions]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomor'ia – Ukrainian Black Sea region agrarian science*, 1 (77), 64–70. [in Ukrainian].
- Hamaionova, V. V., Kudrina, V. S. (2020). Formuvannia nadzemnoi masy i vrozhaistosti soniashnyku pid vplyvom okremykh elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia [Formation of aboveground mass and yield of sunflower under the influence of individual elements of cultivation technology]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomor'ia – Ukrainian Black Sea region agrarian science*, 1, 50–57. doi:10.31521/2313-092X/2020-1(105)-7. [in Ukrainian].
- Hamaionova, V., Khonenko, L., Moskva, T. et al. (2019). Vplyv optymizatsii zhyvlennia na produktyvnist yarykh oliinykh kultur na chornozemi pivdennomu v zoni Stepu Ukrainy pid vplyvom biopreparativ [Influence of nutrition optimization on productivity of spring oilseeds on southern chernozem in the steppe zone of Ukraine under the influence of biological products]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu – Bulletin of Lviv National Agrarian University*, 23, 112–118. [in Ukrainian].
- Totskyi, V. M. (2014). Vplyv systemy udobrennia ta osnovnoho obrobittu gruntu na formuvannia produktyvnosti soniashnyku [Influence of fertilizer system and basic tillage on the formation of sunflower productivity]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliinykh kultur NAAN – Scientific and technical bulletin of the Institute of Oilseeds of NAAS*, 20, 204–209. [in Ukrainian].
- Shakalii, S. M. (2017). Formuvannia vrozhaistosti ta yakosti nasinnia soniashnyku zalezno vid pozakorenevoho pidzhyvlennia [Formation crop yield and quality of sunflower seeds depending on foliar-feeding]. *Zernovi kultury – Graincrops*, 1 (1), 69–74. [in Ukrainian].
- Ieremenko, O., Kalitka, V. (2016). Productivity of sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) under the effect if AKM plant growth regulator in the conditions low moisture of southern Steppe of Ukraine. *IOSR Journal of*

- Agriculture and Veterinary Science*, 9 (9), 59-64. doi: 10.9790/2380-0909015964 [in Ukrainian].
7. Kalenska, S., Ryzhenko, A., Novytska, N., Garbar, L. et al. (2020). Morphological features of plants and yield of sunflower hybrids cultivated in the Northern part of the Forest-Steppe of Ukraine. *American journal of Plant Science*, 11 (8), 1331-1344. doi: 10.4236/ajps.2020.118095. [in Ukrainian].
  8. Bailly, C., Benamar, A., Corbineau, F., Come, D. (2020). Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds as affected by priming. *Seed Science Research*, 10, 35-42.
  9. Miao, Y. F., Wang, Z. H. & Li, S. X. (2015). Relation of nitrate N accumulation in dryland soil with wheat response to N fertilizer. *Field Crops Res*, 170, 119-130. doi: 10.1016/j.fcr.2014.09.016
  10. Carvalho, M. E. A., Castro, P. R. de C. E., Ferraz Junior, M. V. de C., Mendes, A. C. C. M. (2016). Are plant growth retardants a strategy to decrease lodging and increase yield of sunflower? *Comunicata Scientiae*, 7(1), 154-159. doi: 10.14295/CS.v7i1.1286
  11. Domaratskyi, Ye. O., Dobrovolskyi, A. V. (2017). Osoblyvosti vodospozhyvannia soniashnyka za riznykh umov mineralnoho zhyvlennia [Features of sunflower water consumption under different conditions of mineral nutrition]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy – Scientific reports of the NULES of Ukraine*, 1 (65). URL : <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/8117> [in Ukrainian].
  12. Klymenko, I. I. (2015). Vplyv rehulatoriv rostu roslin i mikrodozovyv na urozhainist nasinnia linii ta hibrivid soniashnyku [Influence of plant growth regulators and microfertilizers on seed yields of sunflower lines and hybrids]. *Selektsiia i nasinnystvo – Breeding and seed production*, 107, 183-188. [in Ukrainian].
  13. Helmy, A. M., & Ramadan, M. F. (2009). Agronomic performance and chemical response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to some organic nitrogen sources and conventional nitrogen fertilizers under sandy conditions. *Grasas Y Aceites*, 60, 55-67. doi: 10.3989/gya.032508
  14. Kalenska, S. M., Harbar, L. A., Horbatiuk, E. M. (2020). Rol rehlementiv sivby u formuvanni fitometrychnykh pokaznykiv soniashnyku [The role of sowing regulations in the formation of phytometric parameters of sunflower]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Bulletin*, 113, 49-55. doi: 10.32851/2226-0099.2020.113.7 [in Ukrainian].
  15. Domaratskiy, E. O. Bazaliy, V. V., Domaratskiy, O. O. et al. (2018). Influence of Mineral Nutrition and Combined Growth Regulating Chemical on Nutrient Status of Sunflower. *Indian Journal of Ecology*, 45 (1), 126-129.
  16. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., Kalenskaya, S. M. (2016). *Doslidna sprava v ahronomii* [Research in agronomy: textbook. manual]: in 2 books. – Book 1. *Statystychna obrobka rezultativ ahronomichnykh doslidzhen – Theoretical aspects of research*. For order. A. O. Rozhkova. Kharkiv, Maidan, 316. [in Ukrainian].
  17. Rozhkov, A. O., Puzik, V. K., Kalenskaya, S. M. (2016). *Doslidna sprava v ahronomii* [Research in agronomy: textbook. manual]: in 2 books. – Book 2. *Statystychna obrobka rezultativ ahronomichnykh doslidzhen – Theoretical aspects of research*. For order. A. O. Rozhkova. Kharkiv, Maidan, 341. [in Ukrainian].
- Гарбар Л.А., Довбаш Н.І., Венгер В.В. Формування листового апарату гібридів соняшника та ефективність його функціонування за впливу удобрення**
- Метою** проведення досліджень було встановлення впливу умов живлення культури та підбір високопродуктивних гібридів (РЖТ Марплен, Вольф, Альзан, ЕС Моналіза) для конкретних ґрунтово-кліматичних умов через формування їх продуктивності. **Методи.** Дослідження виконано у відокремленому підрозділі Національного університету біоресурсів і природокористування України «Агрономічна дослідна станція» у Київській області. Польовий дослід закладено в стаціонарній польовій сівозміні кафедри рослинництва на чорноземах типових малогумусних з емістом гумусу 4,32%. Дослід двофакторний, чинник А – гібриди соняшнику, чинник В – норми внесення мінеральних добрив, розраховані балансовим методом на запланований врожай. **Результати.** У результаті проведених досліджень встановлено залежність між площею листової поверхні гібридів соняшнику та нормами внесення мінеральних добрив. Максимальних значень площі листової поверхні посівів гібридів соняшника було досягнуто на варіанті удобрення  $N_{85}P_{110}K_{110}$  за вирощування гібриду Вольф за проходження мікροстадій 64–68 – 48,5 тис. м<sup>2</sup>/га. **Висновки.** На основі регресійного аналізу встановлено, що зміни площі асимілюючої поверхні характеризуються поліноміальною залежністю з максимальним показником за норми внесення  $N_{85}P_{110}K_{110}$ . Застосування добрив виявило позитивний вплив на формування продуктивності гібридів соняшнику. За впливу умов живлення, створених варіантами удобрення, урожайність насіння гібриду Вольф змінювалася від 2,52 до 3,21 т/га, тоді як у гібриду ЕС Моналіза – 2,44–3,19 т/га, РЖТ Марплен – 2,25–3,11 т/га, Альзан – 2,21–2,96 т/га. На основі кореляційно-регресійного аналізу встановлено лінійну залежність між варіантами удобрення та сформованою урожайністю гібридів, які вивчали.
- Ключові слова:** соняшник, гібриди, технологія вирощування, умови живлення, удобрення, площа листової поверхні, урожайність, кореляційна залежність.
- Garbar L.A., Dovbash N.I., Venger V.V. Formation of leaf apparatus of sunflower hybrids and efficiency of its functioning under the influence of fertilizer**
- Purpose** of the research is establishment the influence of cultivation conditions and selection of high-yielding hybrids (RJT Marllen, Wolf, Alzan, ES Monalisa) for specific soil and climatic conditions through the formation of their productivity. **Methods.** The research was performed in a separate subdivision of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine "Agronomic Research Station" in Kyiv region. The field experiment was included in the stationary field crop rotation of the Department of Crop Production on typical low-humus chernozems with a humus content of 4.32%. Field experiment was two-factor: factor A – sunflower hybrids, factor B – rates of mineral fertilizers, that calculated by the balance method for the planned yield. **Results.** As a result of the conducted research, the dependence between the leaf surface area of sunflower hybrids and the norms of mineral fertilizers application was established. The maximum values of the leaf surface area of sunflower hybrids were achieved 48.5 thousand m<sup>2</sup>/ha in hybrid "Wolf" at microstages BBCH 64–68 on the variant of fertilizer  $N_{85}P_{110}K_{110}$ . **Conclusions.**

Based on regression analysis, it was found that changes in the area of the assimilating surface are characterized by polynomial dependence with the maximum value for application rates  $N_{85}P_{110}K_{110}$ . The application of fertilizers had a positive effect on the formation of the productivity of sunflower hybrids. Seed yield in hybrid Wolf varied from 2.52 to 3.21 t/ha, while that was 2.44–3.19 t/ha in hybrid

ES Monalysa, 2.25–3.11 t/ha in RJT Marllen, 2.21–2.96 t/ha in Alzan. Linear relationship between fertilizer variants and the formed yield of hybrids studied was established by correlation-regression analysis.

**Key words:** sunflower, hybrids, cultivation technology, feeding conditions, fertilizers, leaf surface area, yield, correlation.

## **ЗАЛЕЖНІСТЬ ТЕХНІЧНОЇ ДОВЖИНИ СТЕБЛА КОНОПЛІ ВІД НОРМИ ВИСІВУ НАСІННЯ ТА СОРТУ**

**ГОРАШ О.С.** – доктор сільськогосподарських наук, професор  
*orcid.org/0000-0001-9418-0310*

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

**СУЧЕК В.М.** – аспірант

*orcid.org/0000-0001-6738-6284*

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

**Постановка проблеми.** Останнім часом стрімко відбувається розширення посівних площ коноплі, як у світі, так і в Україні. Селекціонерами України отримано значні досягнення у виведенні цілого ряду нових сортів ненаркотичної коноплі технічної [1]. Відповідно, набули нової актуальності завдання технології вирощування з метою забезпечення отримання волокна. Важливими показниками в цьому напрямку проведення досліджень є оцінка параметрів технічної довжини стебла та підбору кращого сорту.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** В.Г. Вировець, торкаючись питання походження коноплі, зазначає, що Л.М. Горшкова в наукових публікаціях наводить відомості про використання її як цілющої рослини, за аргументацією санскритної назви «канна» за 800–900 рр. до н.е. [2]. Конопля належить до культур, яку з давніх часів вирощували в багатьох країнах світу [3; 4], а також до недавніх часів її вирощували і в Україні. У 21 столітті настав час відродження цієї культури завдяки різноманітним природним корисним властивостям, сприятливим для людського організму. У багатьох країнах світу зростає попит на вироби з натурального волокна, яке сприятливо впливає на людський організм. Встановлено, що тканини з волокна коноплі здатні поглинати світлові промені. При нагріванні до досить високих температур вони не загоряються, а лише обвуглюються. Конопляну тканину можна використовувати для обмундирування військових, зокрема і броньованих [5; 6]. Волокно коноплі характеризується антистатистичними властивостями та властивостями захищати від впливу хвиль мобільного зв'язку. Також науковці звертають увагу на те, що продукцію коноплярства можна використати для виготовлення паперу з метою збереження лісових масивів [5; 6]. Для збереження екологічного стану планети Земля вчені рекомендують замінити пластикові пакети на конопляні, які легко утилізуються [7].

Технічна довжина стебла – це та частина рослини, яка використовується безпосередньо для отримання волокнистої продукції з рослин конопель. Фактично це є вихідною сировиною для прядильного виробництва. Чим більша кількість стебел отримана з одиниці площі посіву, тим кращим вважається результат в технології вирощування цієї культури. Окрема стадія переробки або серединна стадія характеризується напівфабрикатами – трестом та лубом. Готовий продукт переробки на завершенні – це отримане довге тіпане волокно.

Останнім часом до результатів первинної переробки включають коротке волокно. Проблема отримати якісну та недорогу сировину – це завдання агротехнологій. Відповідно, актуальним є завдання наукового пошуку в напрямку забезпечення розвитку з удосконалення технології вирощування конопель технічних.

Рослини конопель досить чутливо реагують на густоту посівів, на що в літературних джерелах часто звертають увагу [8–10]. Зазначено про те, що кращі результати у забезпеченні отримання урожаю соломи можливі за умови вузькорядних посівів при загущенні. До важливих показників в цьому аспекті щодо оцінки факторів відноситься показник технічної довжини стебел, тобто тієї частини рослин коноплі, яку використовують для отримання волокнистої продукції.

Отже, важливим залишається питання виявлення залежності технічної довжини стебла коноплі посівної від норми висіву насіння та сорту в технології вирощування в умовах західного Лісостепу України.

**Мета досліджень** – встановити вплив норм висіву насіння та сорту в технології вирощування коноплі посівної для отримання волокнистої продукції на розмір рослин за параметрами технічної довжини стебла.

**Матеріал та методика досліджень.** Дослідження виконані впродовж 2018–2020 рр. в Закладі вищої освіти «Подільський державний університет» в умовах Західного Лісостепу України.

Об'єктом досліджень були сорти рослин ненаркотичної коноплі посівної Інституту луб'яних культур Національної академії аграрних наук України, до яких належать ЮСО-31, Гляна та Глесія.

У виконанні польових досліджень задіяний технологічний чинник впливу: фактор А – норми висіву насіння – 1,2; 1,8; 2,4; 3,0; 3,6 млн. шт./га. Крок експерименту 0,6 млн. шт. нас./га. Фактор В – сорти коноплі посівної. Ширина міжрядь дослідних посівів – 15 см. Розміщення ділянок коноплі технічної – систематизоване ярусне. Кількість повторень – чотириразова. Загальна площа ділянки 60 м<sup>2</sup>, облікової – 50 м<sup>2</sup>. Відбір рослин для проведення біометричного аналізу за параметрами розмірів технічної довжини стебла здійснювався рендомізовано в кількості 120 шт. Для встановлення достовірності різниць використано порівняльно-статистичний математичний аналіз на основі критерію Стюдента за рівня надійної імовірності  $P_{0,95}$  [11].

**Результати досліджень.** Аналіз даних у 2018 р. по сорту ЮСО-31 показує вплив норм висіву насіння на

довжину технічної частини стебла рослин (табл. 1). За порівняння даних варіантів норм висіву насіння 1,2 та 1,8 млн. шт./га різниця була істотною і становила 5,6 см, критерій  $t_{\phi}-1,99 > t_{05}-1,96$ . Підвищення норми висіву насіння до 2,4 млн. шт./га також забезпечувало збільшення довжини стебла на істотну величину порівняно до даних норми 1,8 млн. шт./га. Різниця становила 6,4 см при  $t_{\phi}-2,11 > t_{05}-1,96$ . За умови порівняння даних норм висіву насіння 3,0 та 2,4 млн. шт./га виявлена різниця 4,1 см також була істотною при  $t_{\phi}-1,97 > t_{05}-1,96$ . Зміну параметрів довжини стебла за умови збільшення норми висіву насіння до 3,6 млн. шт./га порівняно до даних попередньої норми на істотному рівні також доведено. Різниця для сорту ЮСО-31 становить 3,1 см при  $t_{\phi}-1,98 > t_{05}-1,96$ . Закономірність впливу більшої норми висіву насіння на збільшення технічної довжини стебла рослин у сорту Гляна аналогічна. Отримані істотні різниці 5,8 см; 6,7; 5,6 та 4,1 см за порівняння варіантів норм висіву насіння 1,2 – 1,8 млн. шт./га; 1,8 – 2,4 млн. шт./га; 2,4 – 3,0 млн. шт./га та 3,0 – 3,6 млн. шт./га. Відповідно до варіантів порівняння та показаних значень різниць встановлені критерії Стюдента  $t_{\phi}-2,07$ ; 2,46; 1,97; 2,00  $\geq t_{05}-1,96$ . За результатами аналізу по сорту коноплі технічної Глесія при порівнянні даних варіантів норм висіву насіння встановлені істотні різниці 4,0 см; 5,9; 5,1 та 3,6 см при критеріях Стюдента  $t_{\phi}-2,00 > t_{05}-1,96$ ;  $t_{\phi}-2,04 > t_{05}-1,96$ ;  $t_{\phi}-1,96 \geq t_{05}-1,96$  та  $2,00 > t_{05}-1,96$ .

Результати досліджень 2019 р. за закономірністю відповідають таким, які були встановлені у 2018 р. (табл. 2). Збільшення норми висіву насіння до 1,8 млн. шт./га порівняно до даних 1,2 млн. шт./га забезпечило більшу технічну довжину стебла сорту ЮСО-31 на 6,1 см, сорту Гляна – на 5,4 см і сорту Глесія – на 5,9 см. При статистичних розрахунках критерію Стюдента фактичного значення становили відповідно:  $t_{\phi}-2,21$ ;

2,63 та 2,16  $> t_{05}-1,96$ . За порівняння даних варіантів 1,8 – 2,4 млн. шт./га різниця по сортах ЮСО-31, Гляна та Глесія становила 6,2 см; 6,7 та 5,3 см при встановлених критеріях Стюдента відповідно  $t_{\phi}-2,50$ ; 2,51 та 2,00  $> t_{05}-1,96$ . Збільшення норми висіву насіння до 3,0 млн. шт./га сприяло більшій технічній довжині стебла у рослин коноплі всіх сортів порівняно до даних норми висіву насіння 2,4 млн. шт./га. Істотна різниця становила для сорту ЮСО-31 – 4,2 см, сорту Гляна – 5,4 см, сорту Глесія – 5,0 см при відповідних критеріях Стюдента  $t_{\phi}-2,10$ ; 1,98; 2,19  $> t_{05}-1,96$ . При порівнянні норми висіву насіння 3,6 млн. шт./га до даних норми висіву насіння 3,0 млн. шт./га встановлена також істотна різниця для сорту ЮСО-31 – 3,8 см при  $t_{\phi}-1,97 > t_{05}-1,96$ , для сорту Гляна – 3,6 см при  $t_{\phi}-1,96 \geq t_{05}-1,96$  і для сорту Глесія – 4,1 см при  $t_{\phi}-1,97 > t_{05}-1,96$ .

Результати досліджень 2020 р. показують, що збільшення норми висіву насіння від 1,2 до 1,8 млн. шт./га по сортах ЮСО-31, Гляна, Глесія також сприяло більшим розмірам технічної довжини стебла на 10,1; 10,0 та 11,7 см. Істотність різниці доведена у відповідності сортів на основі критерію Стюдента;  $t_{\phi}-2,82$ ; 2,10; 3,65  $> t_{05}-1,96$  (табл. 3). Різниця даних норм висіву насіння 1,8 та 2,4 млн. шт./га була також істотною. За більшої норми висіву насіння у сортів ЮСО-31, Гляна та Глесія розміри технічної довжини стебла збільшилися на 5,9; 6,6 та 6,6 см, при встановлених критеріях Стюдента 2,16; 2,02; 2,57. Збільшення норми висіву насіння до 3,0 млн. шт./га забезпечило більшу технічну довжину стебла рослин коноплі у всіх сортів відповідно переліку показаного вище на 5,7; 4,2 та 4,9 см, при встановлених  $t_{\phi}-1,96$ ; 1,96; 1,97  $\geq t_{05}-1,96$ . Збільшення норми висіву насіння до 3,6 млн. шт./га сприяло також істотним змінам показника порівняно до даних норми висіву насіння 3,0 млн. шт./га. По сорту ЮСО-31 різниця становила

Таблиця 1

**Залежність технічної довжини стебла рослини коноплі від впливу норми висіву насіння та сорту за вузькорядного способу сівби, см, 2018 р.**

| Норма висіву насіння, млн. шт./га,<br>фактор А | Сорт, фактор В  |                 |                 |
|------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                                | ЮСО-31          | Гляна           | Глесія          |
| 1,2                                            | 159,7 $\pm$ 1,3 | 158,3 $\pm$ 2,3 | 153,1 $\pm$ 1,2 |
| 1,8                                            | 165,3 $\pm$ 2,5 | 164,1 $\pm$ 1,6 | 157,1 $\pm$ 1,6 |
| 2,4                                            | 171,7 $\pm$ 1,7 | 170,8 $\pm$ 2,2 | 163,0 $\pm$ 2,4 |
| 3,0                                            | 175,8 $\pm$ 1,2 | 176,4 $\pm$ 1,8 | 168,1 $\pm$ 1,0 |
| 3,6                                            | 178,9 $\pm$ 1,0 | 180,5 $\pm$ 1,0 | 171,7 $\pm$ 1,5 |

Таблиця 2

**Залежність технічної довжини стебла рослини коноплі від впливу норми висіву насіння та сорту за вузькорядного способу сівби, см, 2019 р.**

| Норма висіву насіння, млн. шт./га,<br>фактор А | Сорт, фактор В  |                 |                 |
|------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                                | ЮСО-31          | Гляна           | Глесія          |
| 1,2                                            | 161,1 $\pm$ 2,0 | 162,9 $\pm$ 1,4 | 155,3 $\pm$ 1,3 |
| 1,8                                            | 167,2 $\pm$ 1,9 | 168,3 $\pm$ 1,5 | 161,2 $\pm$ 2,4 |
| 2,4                                            | 173,4 $\pm$ 1,6 | 175,0 $\pm$ 2,2 | 166,5 $\pm$ 1,1 |
| 3,0                                            | 177,6 $\pm$ 1,2 | 180,4 $\pm$ 1,6 | 171,5 $\pm$ 2,0 |
| 3,6                                            | 181,4 $\pm$ 1,5 | 184,0 $\pm$ 0,9 | 175,6 $\pm$ 0,6 |

Таблиця 3

Залежність технічної довжини стебла рослини коноплі від впливу норми висіву насіння та сорту за вузькорядного способу сівби, см, 2020 р.

| Норма висіву насіння, млн. шт./га, фактор А | Сорт, фактор В |           |           |
|---------------------------------------------|----------------|-----------|-----------|
|                                             | ЮСО-31         | Гляна     | Глесія    |
| 1,2                                         | 164,2±3,4      | 165,6±3,7 | 155,9±2,5 |
| 1,8                                         | 174,3±1,1      | 175,6±3,0 | 167,6±2,0 |
| 2,4                                         | 180,2±2,5      | 182,2±1,3 | 174,2±1,6 |
| 3,0                                         | 185,9±1,5      | 186,4±1,7 | 179,1±1,9 |
| 3,6                                         | 189,5±1,0      | 190,0±0,7 | 183,0±0,6 |

Таблиця 4

Залежність технічної довжини стебла рослин коноплі від впливу норм висіву насіння та сорту за вузькорядного способу сівби, см (середнє за 2018–2020 рр.)

| Норма висіву насіння, млн. шт./га, фактор А | Сорт, фактор В |       |        | Середнє по фактору А |
|---------------------------------------------|----------------|-------|--------|----------------------|
|                                             | ЮСО-31         | Гляна | Глесія |                      |
| 1,2                                         | 161,7          | 162,3 | 154,8  | 159,6                |
| 1,8                                         | 168,9          | 169,3 | 162,0  | 166,7                |
| 2,4                                         | 175,1          | 176,0 | 167,9  | 173,0                |
| 3,0                                         | 179,8          | 181,1 | 172,9  | 177,9                |
| 3,6                                         | 183,3          | 184,8 | 176,8  | 181,6                |
| Середнє по фактору В                        | 173,8          | 174,7 | 166,9  | 171,8                |

3,6 см при  $t_{\phi}-2,00 > t_{05}-1,96$ , по сорту Гляна – 3,6 см при  $t_{\phi}-1,97 > t_{05}-1,96$  і по сорту Глесія – 3,9 см при  $t_{\phi}-1,96 \geq t_{05}-1,96$ .

У середньому за три роки дані показані в табл. 4. Показники засвідчують закономірність впливу норм висіву насіння, яку отримали за щорічним математичним аналізом технічної довжини стебла рослин сортів.

По кожному сорту коноплі технічної встановлено вплив норм висіву насіння на параметри довжини технічної частини стебла. Відповідно, збільшення норми висіву насіння призводило до збільшення параметрів довжини стебла технічної частини кожного сорту конопель.

Сорт як фактор завжди був основою технології вирощування кожної сільськогосподарської культури. Немає однозначно однакових сортів чи гібридів за структурою ДНК одного і того ж біологічного виду. Це є підставою про доцільність включати в численні дослідження агротехнологічного характеру біологічні чинники, тобто сорти та гібриди.

Результати досліджень технічної частини довжини стебла конопель залежно від впливу сорту в аналізі показані далі. Оцінка показника на основі різницевого аналізу показана за статистичними розрахунками.

У 2018 р. при порівнянні технічної довжини стебла двох сортів коноплі, а саме ЮСО-31 та Гляна, за норми висіву насіння 1,2 млн. шт./га істотної різниці не виявлено,  $t_{\phi}-0,53 < t_{05}-1,96$ . Також аналогічно за норм висіву насіння 1,8; 2,4; 3,0 та 3,6 млн. шт./га, де різниця між параметрами довжини стебла становила відповідно 1,2; 0,9; 0,6 та 1,6 см, статистичні показники фактичного критерію Стьюдента були менші за теоретичні при рівні ймовірної похибки 5,0%. У 2019 р. різниця технічної довжини стебла рослин коноплі між сортами за норм

висіву 1,2; 1,8; 2,4; 3,0; 3,6 млн. шт./га відповідно становила 1,8; 1,1; 1,6; 2,8; 2,6 см. Статистичний розрахунок доводить, що вона була в межах похибки,  $t_{\phi}-0,73; 0,45; 0,58; 1,40; 1,49 < t_{05}-1,96$ . У 2020 р. встановлені аналогічні результати. За норм висіву насіння 1,2; 1,8; 2,4; 3,0; 3,6 млн. шт./га різниця відповідно становила 1,4; 1,3; 2,0; 0,5 та 0,5 см, тобто при  $t_{\phi}-0,27; 0,40; 0,71; 0,22; 0,40 < t_{05}-1,96$  вона знаходилася в межах похибки.

Наступний аналіз порівняння даних технічної довжини стебла коноплі сортів ЮСО-31 та Глесія засвідчує про більші значення показників у сорту ЮСО-31. У 2018 р. за норм висіву насіння 1,2; 1,8; 2,4; 3,0; 3,6 млн. шт./га відповідно різниця становила 6,6; 8,2; 8,7; 7,7; 7,2 см. Статистичний розрахунок показує, що вона була в межах істотних розходжень даних:  $t_{\phi}-3,75; 2,77; 2,95; 4,93; 4,00 > t_{05}-1,96$ . У 2019 р. за норм висіву насіння 1,2; 1,8; 2,4; 3,0; 3,6 млн. шт./га різниця була істотною і становила відповідно 5,8; 6,0; 6,9; 6,1; 5,8 см, при критерію Стьюдента  $t_{\phi}-2,43; 1,96; 3,55; 2,61; 3,60 \geq t_{05}-1,96$ . У 2020 р. також виявлена подібна закономірність. За статистичними розрахунками встановлено, що різниця була в межах істотних розходжень даних, де фактичний критерій Стьюдента був більшим за теоретичний:  $t_{\phi}-1,96; 2,93; 2,02; 2,80; 5,60 > t_{05}-1,96$ .

Аналіз порівняння даних довжини технічної частини стебла рослин коноплі сортів Гляна та Глесія показує перевагу по сорту Гляна. У 2018 р. за норм висіву насіння 1,2; 1,8; 2,4; 3,0; 3,6 млн. шт./га різниця становила 5,2; 7,0; 7,8; 8,3; 8,8 см, відповідно. Статистичний розрахунок показує, що вона була в межах істотних розходжень даних, де відповідно  $t_{\phi}-2,00; 3,09; 2,40; 4,04; 4,88 > t_{05}-1,96$ . У 2019 р. за показаних вище норм висіву насіння також встановлена істотна різниця 7,6; 7,1; 8,5; 8,9; 8,4 см, відповідно при  $t_{\phi}-3,97; 2,50; 3,46; 3,47; 7,77$



$t_{05} - 1,96$ . У 2020 р. у відповідності норм висіву насіння 1,2; 1,8; 2,4; 3,0; 3,6 млн. шт./га отримано істотну різницю 9,7; 8,0; 8,0; 7,3; 7,0 см за якої відповідно  $t_{05}$  становить 2,17; 2,22; 3,88; 2,87; 7,60, що більше  $t_{05} - 1,96$ .

**Висновки.** Встановлено вплив фактора А за закономірністю збільшення норми висіву насіння в межах задіяних варіантів 1,2; 1,6; 2,4; 3,0 та 3,6 млн. шт./га, який сприяє у розвитку рослин істотним змінам параметрів технічної довжини стебла. У середньому по досліді у відповідності означених варіантів фактора встановлені показники 160 см; 167; 173; 178 та 182 см.

Означений параметр для сорту Глєсія становить 167 см, що істотно менше порівняно до сортів ЮСО-31 та Гляна значення, яких були 174 та 175 см, відповідно.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Базиль С.М. Наукові досягнення співробітників ВНДІЛК у галузі коноплярства (1944–1991 рр.). *Луб'яні та технічні культури*. 2019. № 7(12). С. 103–116.
2. Горшкова Л.М. Канабіс : монографія (частина 2). Глухів : РВВ ГДПУ, 2008. 152 с.
3. McPartland J.M., Guy G.W., & Hegman W. Cannabis is indigenous to Europe and cultivation began during the Copper or Bronze age: A probabilistic synthesis of fossil pollen studies. *Vegetation History and Archaeobotany*. 2018. № 27(32). P. 635–648. doi: 10.1007/s00334-018-0678-7.
4. Struik, P.C., Amaducci, S., Bullard, M.J., Stutterheim, N.C., Venturi, G., & Cromack, H.T.H. (2000). Agronomy of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) in Europe. *Industrial Crops and Products*. 2000. № 11(2-3). P. 107–118. doi: 10.1016/S0926-6690(99)00048-5.
5. Вировець В.Г., Баранник В.Г., Гілязетдінов Р.Н. та ін. Коноплі : монографія; за ред. М.Д. Мигалі, В.М. Кабанця. Суми : видавничий будинок «Еллада», 2011. 384 с.
6. Мигаль М.Д. Біологія формування насіннєвої продуктивності конопель: монографія. Суми : видавничий будинок «Еллада», 2015. 233 с.
7. Мармиш Ю. Планета, що змінюється. *Голос України*. 2009. № 229(4729). С. 29.
8. Кабанець В.М., Кабанець В.В. Сучасні сорти конопель посівних для різних напрямків використання. *Гончарівські читання: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Суми, 26-27 травня 2016 р.). Суми, 2016. С. 42–44.
9. Кабанець В.М., Кабанець В.В. Особливості вирощування конопель посівних на насіння. *Гончарівські читання : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф.* (м. Суми, 24-25 травня 2018 р.). Суми, 2018. С. 14–15.
10. Голобородько П.А., Дышлева Г.В. Норми висева і продуктивність конопль. Биологические особенности, технология, возделывание и первичная обработка лубяных культур. *Сб. науч. трудов*. Глухов : ВНИИЛК, 1985. С. 31–35.
11. Ещенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ : Дія, 2005. 288 с.
- of Bast Cultures (AURIBC) employees in the field of hemp (1944-1991)]. *Lubiani ta tekhnichni kultury [Bast and Industrial Crops]*, 7(12), 103-116. [in Ukrainian]
2. Gorshkova L.M. (2008). *Kanabis: monohrafiia (chas-tyna 2) [Cannabis: a monograph (part 2)]*. Glukhiv: RVV GDPU, 152. [in Ukrainian]
3. McPartland J.M., Guy G.W., & Hegman W. (2018). Cannabis is indigenous to Europe and cultivation began during the Copper or Bronze age: A probabilistic synthesis of fossil pollen studies. *Vegetation History and Archaeobotany*, 27(32), 635-648. doi: 10.1007/s00334-018-0678-7 (in English)
4. Struik, P.C., Amaducci, S., Bullard, M.J., Stutterheim, N.C., Venturi, G., & Cromack, H.T.H. (2000). Agronomy of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) in Europe. *Industrial Crops and Products*, 11(2-3), 107-118. doi: 10.1016/S0926-6690(99)00048-5 (in English)
5. Vyrovets V.G., Barannyk V.G., Gilyazetdinov R.N. etc. (2011). *Konopli: monohrafiia [Hemp: monograph]; for ed. M.D. Myhal, B.M. Kabanets*. Sumy: Hellada Publishing House, 384. [in Ukrainian]
6. Myhal M.D. (2015). *Biolohiia formuvannia nasinnievoi produktyvnosti konopel: monohrafiia [Biology of hemp seed productivity formation: monograph]*. Sumy: Hellada Publishing House, 233. [in Ukrainian]
7. Marmysh Y. (2009). Planeta, shcho zminiuietsia [The changing planet]. *Holos Ukrainy [Voice of Ukraine]*, 229 (4729), 29. [in Ukrainian]
8. Kabanets V.M. & Kabanet V.V. (2016). Suchasni sorty konopel posivnykh dlia riznykh napriamkiv vykorys-tannia [Modern varieties of hemp for different uses. *Honcharivski chytannia: materialy Mizhnarodnoi nau-kovo-praktychnoi konferentsii [In "Honcharov readings": Materials of the international scientific-practical conference]*. Sumy, 42-43. [in Ukrainian]
9. Kabanets V.M. & Kabanets V.V. (2018). Osoblyvosti vyroshchuvannia konopel posivnykh na nasinnia [Features of growing hemp for seeds]. *Honcharivski chytannia: materialy Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii [In "Honcharov readings": Materials of the international scientific-practical conference]*. Sumy, 14-15. [in Ukrainian]
10. Goloborodko P.A. & Dyshleva G.V. (1985). Normy vyseva i produktyvnost' konopli [Seeding rates and hemp productivity]. *Biologicheskie osobennosti, tehnologija, vzdelyvanie i pervichnaja obrabotka lubjanyh kul'tur: Sbornik nauchnyh trudov [Biologica Features of Cultivation Technology and Primary Processing of Bast Crops: Collection of scientific papers]*, Glukhiv, 31-35. [in Ukrainian]
11. Yeshchenko V.O., Kopytko P.G., Opryshko V.P., Kostogryz P.V. (2005). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Fundamentals of research in agronomy]*. K.: Action, 288. [in Ukrainian]

**Гораш О.С., Сучек В.М. Залежність технічної довжини стебла конопль від норми висіву насіння та сорту**

**Мета досліджень** – встановити ефективність норм висіву насіння та значущість сорту за впливом на параметри технічної довжини стебла конопль посівної в процесі технології вирощування культури. **Методи.** Дослідження виконані впродовж 2018–2020 рр. у Закладі вищої освіти «Подільський державний уні-

#### REFERENCES:

1. Bazyl S.M. (2019). *Naukovi dosiahnennia spivrobitnykiv VNDILK u haluzi konopliarstva (1944-1991 rr.) [Scientific achievements of All-Union Research Institute*

верситет» в умовах Західного Лісостепу України. Під час проведення досліджень використано такі наукові методи, як польовий, лабораторний, спостереження, аналіз, статистичний, конкретизація, узагальнення. У виконанні польових досліджень задіяні чинники впливу: фактор А – норми висіву насіння: варіанти – 1,2; 1,8; 2,4; 3,0; 3,6 млн. шт./га; фактор В – сорти коноплі посівної Інституту луб'яних культур Національної академії аграрних наук України: варіанти – ЮСО-31, Гляна, Глесія. Ширина міжрядь дослідних посівів 15 см. Розміщення ділянок коноплі технічної – систематизоване ярусне. Кількість повторень – чотириразова. Для встановлення достовірності різниць використано порівняльно-статистичний математичний аналіз на основі критерію Стюдента за рівня надійної імовірності  $P_{0.95}$ .

**Результати.** Норми висіву насіння, як фактор технологічного характеру в управлінні параметрами лінійних розмірів рослин коноплі, належать до ефективних чинників за впливом на розміри технічної довжини стебла. Встановлено також значущість біологічного фактора, тобто залежність технічної довжини стебла від сорту.

**Висновки.** Встановлено вплив фактора А за закономірністю збільшення норми висіву насіння в межах задіяних варіантів 1,2; 1,6; 2,4; 3,0 та 3,6 млн. шт./га, який сприяє у розвитку рослин істотним змінам параметрів технічної довжини стебла. У середньому по досліді у відповідності означених варіантів фактора встановлені показники 160 см; 167; 173; 178 та 182 см. Означений параметр для сорту Глесія становить 167 см, що істотно менше порівняно із сортами ЮСО-31 та Гляна, значення, яких були 174 та 175 см відповідно.

**Ключові слова:** норма висіву, сорт, стебло, технічна довжина, варіант, ширина міжрядь, критерій Стюдента.

**Horash O.S., Suchek V.M. Dependence of technical length of hemp stem on seeding rate and variety**

**The purpose of the research** is to establish the efficiency of seeding rates and the significance of the

variety in terms of the influence on the parameters of the technical length of hemp stem in the process of crop growing technology. **Methods.** The research was performed during 2018–2020 at the Higher Educational Institution "Podillia State University" in the terms of Western Forest-Steppe of Ukraine. During the research such scientific methods were used as field, laboratory, observation, analysis, statistical, concretization, generalization. Factors of influence are involved in performance of field researches: factor A – seeding rates: variants – 1,2; 1,8; 2,4; 3,0; 3,6 million units/ha; factor B – hemp varieties of the Institute of Bast Cultures of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine: variants – YUSO-31, Gliana, Glesia. The row spacing of experimental crops is 15 cm. The location of technical hemp plots is systematized. Number of repetitions – four times. To establish the reliability of the differences it has been used comparative statistical mathematical analysis based on Student's criterion at the level of reliable probability  $P_{0.95}$ .

**Results.** Seeding rates, as a factor of technological nature in the management of the parameters of the linear dimensions of hemp plants are among the effective factors for influencing the size of the technical length of the stem. The significance of the biological factor, ie the dependence of the technical length of the stem on the variety, has also been established.

**Conclusions.** The influence of factor A on the regularity of increasing the seeding rate within the involved variants is established 1,2; 1,6; 2,4; 3,0 and 3,6 million units/ha, which contributes to the development of plants significant changes in the parameters of the technical length of the stem. On the average on experiment according to the specified variants of the factor indicators of 160 cm are established; 167; 173; 178 and 182 cm. The specified parameter for the variety Glesia is 167 cm, which is significantly less than the varieties YUSO-31 and Gliana values, which were 174 and 175 cm, respectively.

**Key words:** seeding rate, variety, stem, technical length, variant, row spacing, Student's criterion.

## ВПЛИВ ВАПНУВАННЯ ЧОРНОЗЕМУ ОПІДЗОЛЕНОГО ТА УДОБРЕННЯ НА ВРОЖАЙНІСТЬ КУКУРУДЗИ

ГОСПОДАРЕНКО Г.М. – доктор сільськогосподарських наук  
[orcid.org/0000-0002-6495-2647](https://orcid.org/0000-0002-6495-2647)

Уманський національний університет садівництва  
ЛЮБИЧ В.В. – доктор сільськогосподарських наук  
[orcid.org/0000-0003-4100-9063](https://orcid.org/0000-0003-4100-9063)

Уманський національний університет садівництва  
ЛЕОНОВА К.П. – кандидат сільськогосподарських наук  
[orcid.org/0000-0002-8270-775X](https://orcid.org/0000-0002-8270-775X)

Уманський національний університет садівництва  
СТОЦЬКИЙ В.В. – аспірант  
[orcid.org/0000-0001-6939-4958](https://orcid.org/0000-0001-6939-4958)  
Уманський національний університет садівництва

**Постановка проблеми.** Підвищення врожайності та валових зборів кукурудзи є важливим чинником зростання продуктивності й ефективності землеробства. Це можливе за впровадження сучасних гібридів, використання ефективних засобів захисту рослин і добрив, а також вдосконалення технологій її вирощування. Особливо великі резерви мають райони Лісостепу і Полісся, де природно-кліматичні умови досить сприятливі для вирощування цієї культури [1; 2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Кукурудза належить до культур з С4-типом, тому значно ефективніше, ніж культури з С3-типом, засвоює вуглекислий газ і використовує сонячну радіацію на утворення сухої речовини [3]. Це зумовлює вищу потенційну індивідуальну продуктивність рослин, для реалізації якої у сформованому врожаї потрібне оптимальне забезпечення всіма чинниками життя [4; 5]. При цьому забезпечення поживними елементами залишається одним із найдієвіших чинників формування високопродуктивних агроценозів кукурудзи [6–9].

Добрива належать до найбільш впливових чинників формування врожайності і якісних показників зерна кукурудзи. Встановлено, що в умовах Західного Лісостепу внесення під кукурудзу мінеральних добрив в дозах  $N_{120}P_{90}K_{90}$  підвищує урожайність на 30–38% порівняно з неудобреними посівами [10]. У Північному Лісостепу [11] застосування добрив у дозах  $N_{90}P_{90}K_{90}$  збільшувало врожай на 25%, а  $N_{120}P_{120}K_{120}$  – на 31%. В іншому досліді в цій підзоні [12] урожайність кукурудзи за удобрення  $N_{135}P_{135}K_{180}$  становить 8,13–8,99 т/га залежно від гібрида та методу боротьби з бур'янами. В умовах Правобережного Лісостепу під впливом добрив, густоти та гібрида врожайність змінювалася від 5,08 т/га до 13,4 т/га [13]. Збільшення дози добрив з  $N_{80}P_{40}K_{60}$  до  $N_{160}P_{80}K_{140}$  на чорноземі типовому Правобережного Лісостепу забезпечило підвищення врожайності з 9,98 т/га до 12,19 т/га, або на 22 % [14].

Отже, застосування добрив у польовій сівозміні має значний вплив на формування продуктивності кукурудзи. Проте в літературі недостатньо вивчено вплив вапнування на формування урожайності зерна на тлі застосування добрив.

**Мета статті** – встановити вплив вапнування в поєднанні з внесенням різних видів і доз мінеральних добрив на врожайність кукурудзи у польовій сівозміні.

**Матеріали та методика досліджень.** Польові дослідження проводили упродовж 2013–2019 рр. у чотирипольній короткоротаційній сівозміні (пшениця озима – буряк цукровий – кукурудза – горох) тривалого стаціонарного досліді Уманського НУС (атестат УААН № 86), що територіально розміщувався у Правобережному Лісостепу (м. Умань Черкаської обл.). Дослід закладено на чорноземі опідзоленому важкосуглинковому (за класифікацією FAO/WRB 2014 – Luvic Chernozems) й характеризується низьким вмістом азоту легкогідролізованих сполук (за методом Корнфілда), підвищеним і високим – відповідно до рухомих сполук фосфору й калію (за методом Чирикова).

Клімат регіону помірно-континентальний із нестійким зволоженням, холодними умовами взимку і жаркими, а часто і сухим літком. Середня багаторічна температура повітря становить 8,8 °С, сума опадів – 586 мм. За теплий період (квітня–жовтень) середня температура повітря складає 15,4 °С, а сума опадів – 395 мм.

Вирощували гібрид кукурудзи НК Термо. Повну дозу вапна розраховували за рівнем обмінної кислотності. Одинарна доза дефекату, що містив 60%  $CaCO_3$ , становила 9,0 т/га. Дефекат, у дозах згідно зі схемою досліді, було внесено під перші три культури сівозміни – пшеницю озиму, буряк цукровий і кукурудзу. На тлі вапнування мінеральні добрива під буряк цукровий вносили у вигляді суперфосфату гранульованого, калію хлористого та селітри аміачної. До схеми досліді входив варіант без внесення добрив (контроль) і з насиченням 1 га площі сівозміни мінеральними добрива дозою  $N_{97}P_{75}K_{75}$ ,  $N_{97}P_{75}K_{75}$  і  $N_{130}P_{100}K_{100}$ . Дослід закладено на трьох полях з триразовим послідовним розміщенням варіантів. Загальна площа дослідної ділянки – 36 м<sup>2</sup>, облікової – 30 м<sup>2</sup>.

Збирання та облік урожаю зерна кукурудзи проводили вручну. Качани з кожної ділянки звільняли від обгорток і зважували. За середньою кількістю качанів (25 шт.) з кожного варіанта досліді визначали урожайність [15].

**Результати досліджень.** Формування врожаю кукурудзи залежало від агрохімічних властивостей

ґрунту, які створювалися під впливом вапнування, видів і доз мінеральних добрив і сівозміни (табл.). Дослідження показали, що кукурудза добре реагувала як на вапнування чорнозему опідзоленого, так і поліпшення мінерального живлення рослин. Залежно від цих чинників і погодних умов урожайність зерна в досліді змінювалась від 3,62 до 15,61 т/га. Істотний вплив на формування урожаю мало удобрення. За дві ротації сівозміни урожайність зерна кукурудзи збільшувалась від 5,08 до 10,61 т/га за внесення  $N_{120}P_{90}$  або в 2,1 рази. Застосування повного мінерального добрива ( $N_{120}P_{90}K_{90}$ ) збільшувало цей показник до 11,12 т/га або в 2,2 рази. Збільшення дози добрив до  $N_{160}P_{120}K_{120}$  забезпечило отримання 12,89 т/га зерна кукурудзи або більше в 2,5 рази порівняно з варіантом без добрив. Слід відзначити, що застосування 120 кг/га д. р. азотних добрив на тлі  $P_{90}K_{90}$  забезпечило отримання врожаю зерна лише на 5% більше порівняно з варіантом застосування азотно-фосфорних добрив. У варіанті з найбільшою дозою мінеральних добрив збільшення врожаю зерна кукурудзи було на 16% більшим порівняно з  $N_{120}P_{90}K_{90}$ .

Найменше впливало застосування дефекату на врожайність зерна кукурудзи незалежно від дози його застосування. Так, у варіантах із застосуванням дефекату цей показник збільшувався лише до 5,31–5,48 т/га або на 5–8% порівняно з ділянками без добрив.

Вапнування ґрунту підвищувало ефективність внесених добрив. Особливо це проявлялося в перші роки післядії дефекату. Так, на тлі його внесення в дозі 4,5 т/га приріст урожаю становив 5–7%, тоді як за дози внесення 9,0 т/га – 7–10%. За високої дози дефекату (13,5 т/га) приріст урожаю був неістотним, що, на нашу думку, в першу чергу пояснюється погіршенням калійного та мікроелементного живлення рослин [16].

Урожайність зерна кукурудзи та ефективність застосування добрив значно залежала від погодних умов року дослідження. Так, за вегетаційний період кукурудзи (квітень – серпень) у 2014 р. випало 366 мм опадів, у 2015 р. – 288, у 2013 р. – 266, у 2017 р. – 229, у 2018 р. – 214, у 2019 р. – 181 мм. Так, у сприятливішому 2014 р. урожайність зерна кукурудзи збільшувалась від 7,32 до 15,61 т/га або в 2,1 рази за внесення  $1,0 CaCO_3 + N_{160}P_{120}K_{120}$ . У менш сприятливому 2015 р. цей показник становив відповідно 3,71 і 13,16 т/га. Урожайність при цьому збільшувалась у 3,5 рази. Отже, застосування добрив знижувало негативний вплив навколишнього природного середовища.

У середньому за дві ротації сівозміни на тлі проведення вапнування без внесення добрив урожайність кукурудзи підвищувалася на 0,23–0,40 т/(га · рік) (рис.). Вапнування також сприяло підвищенню ефективності калійних добрив. Так, якщо на ділянках без внесення дефекату приріст урожаю від їх застосування становив 0,51 т/(га · рік) або на 5%, то на тлі його післядії – 0,75–0,90 т/(га · рік) або на 7–8% залежно від варіанту дослідів.

**Висновки.** За дві ротації сівозміни приріст урожаю зерна кукурудзи від внесення добрив у дозі  $N_{120}P_{90}K_{90}$  становив 5,53 т/га, або 109%. Подальше підвищення дози добрив до  $N_{160}P_{120}K_{120}$  сприяло підвищенню врожаю лише на 5%. Вапнування ґрунту підвищує ефективність внесених добрив, особливо в перші роки післядії дефекату. За внесення 4,5, 9,0 і 13,5 т/га дефекату за дві ротації сівозміни приріст урожаю зерна кукурудзи на тлі  $N_{160}P_{120}K_{120}$  відповідно становив 0,42, 0,64 і 0,81 т/(га · рік). Навіть без внесення мінеральних добрив вапнування підвищувало його на 0,23–0,40 т/(га · рік) залежно від дози дефекату. Ефективність вапнування підвищується за внесення калійних добрив.

Таблиця 1

Урожайність кукурудзи залежно від видів і доз добрив, т/га

| Варіант дослідів                     | Рік проведення дослідження |       |       | За першу ротацію сівозміни | Рік проведення дослідження |       |       | За другу ротацію сівозміни | За дві ротації сівозміни |
|--------------------------------------|----------------------------|-------|-------|----------------------------|----------------------------|-------|-------|----------------------------|--------------------------|
|                                      | 2013                       | 2014  | 2015  |                            | 2017                       | 2018  | 2019  |                            |                          |
| Без добрив (контроль)                | 5,54                       | 7,32  | 3,71  | 5,52                       | 3,62                       | 5,34  | 4,93  | 4,63                       | 5,08                     |
| $N_{120}P_{90}$                      | 11,52                      | 12,94 | 8,92  | 11,13                      | 8,83                       | 10,92 | 10,48 | 10,08                      | 10,61                    |
| $N_{120}P_{90}K_{90}$                | 11,74                      | 13,35 | 9,45  | 11,51                      | 9,04                       | 12,42 | 10,72 | 10,73                      | 11,12                    |
| $N_{160}P_{120}K_{120}$              | 12,87                      | 14,36 | 12,30 | 13,17                      | 10,11                      | 14,84 | 12,86 | 12,60                      | 12,89                    |
| 0,5 $CaCO_3$                         | 5,93                       | 7,84  | 3,96  | 5,91                       | 3,80                       | 5,51  | 5,12  | 4,81                       | 5,31                     |
| 0,5 $CaCO_3 + N_{120}P_{90}$         | 12,14                      | 13,85 | 8,41  | 11,47                      | 8,99                       | 11,21 | 10,36 | 10,19                      | 10,83                    |
| 0,5 $CaCO_3 + N_{120}P_{90}K_{90}$   | 12,60                      | 14,30 | 9,93  | 12,28                      | 9,47                       | 12,75 | 10,91 | 11,03                      | 11,66                    |
| 0,5 $CaCO_3 + N_{160}P_{120}K_{120}$ | 13,79                      | 15,41 | 12,86 | 14,02                      | 9,51                       | 15,29 | 13,01 | 12,60                      | 13,31                    |
| 1,0 $CaCO_3$                         | 6,09                       | 7,98  | 3,98  | 6,02                       | 3,91                       | 5,56  | 5,31  | 4,93                       | 5,48                     |
| 1,0 $CaCO_3 + N_{120}P_{90}$         | 12,50                      | 14,11 | 9,00  | 11,87                      | 9,01                       | 11,03 | 10,11 | 10,09                      | 10,98                    |
| 1,0 $CaCO_3 + N_{120}P_{90}K_{90}$   | 12,96                      | 14,60 | 10,19 | 12,58                      | 9,37                       | 12,60 | 10,96 | 10,98                      | 11,78                    |
| 1,0 $CaCO_3 + N_{160}P_{120}K_{120}$ | 14,11                      | 15,61 | 13,16 | 14,29                      | 10,46                      | 14,96 | 12,89 | 12,77                      | 13,53                    |
| 1,5 $CaCO_3$                         | 5,89                       | 7,81  | 4,07  | 5,92                       | 3,95                       | 5,61  | 5,31  | 4,96                       | 5,44                     |
| 1,5 $CaCO_3 + N_{120}P_{90}$         | 11,99                      | 13,72 | 8,72  | 11,48                      | 9,21                       | 11,42 | 10,46 | 10,36                      | 10,92                    |
| 1,5 $CaCO_3 + N_{120}P_{90}K_{90}$   | 12,58                      | 14,11 | 10,31 | 12,33                      | 9,76                       | 13,00 | 11,15 | 11,30                      | 11,82                    |
| 1,5 $CaCO_3 + N_{160}P_{120}K_{120}$ | 13,56                      | 15,22 | 13,41 | 14,06                      | 11,03                      | 15,61 | 13,37 | 13,34                      | 13,70                    |
| HIP <sub>05</sub>                    | 0,71                       | 0,81  | 0,69  | –                          | 0,60                       | 0,82  | 0,74  | –                          | –                        |

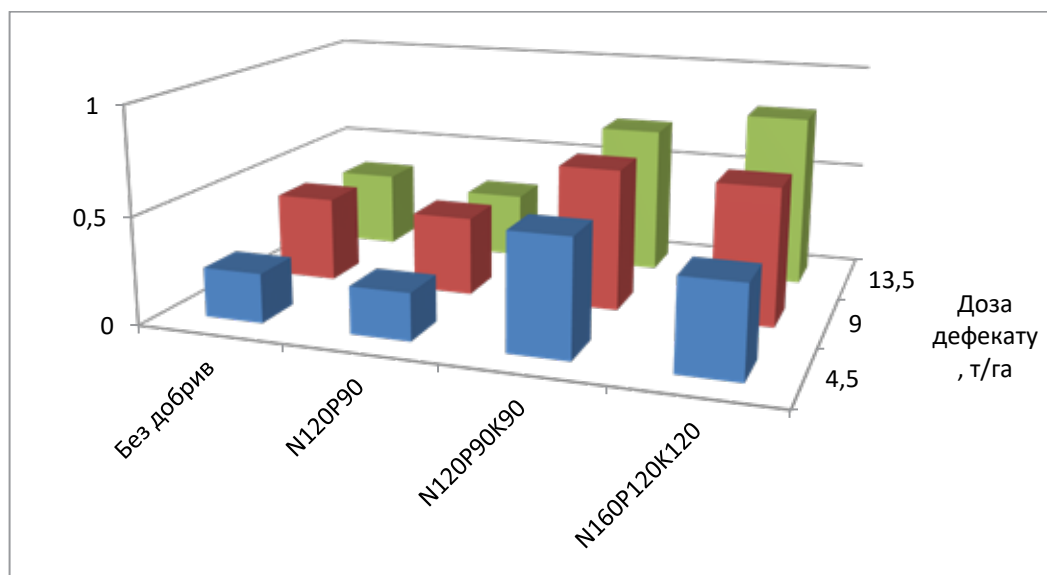


Рис. 1. Приріст урожаю зерна кукурудзи від вапнування за різного удобрення за I-II ротації сівозміни, т/(га · рік)

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Каменщук Б.Д. Шляхи підвищення ефективності вирощування кукурудзи на зерно. *Корми і кормовиробництво*. 2020. № 89. С. 85–92.
2. Малієнко А.М., Борис Н.Є. Типовість гідротермічних умов зони Правобережного Лісостепу та їх вплив на продуктивність кукурудзи. *Агробіологія*: збірник наукових праць. 2019. № 1. С. 55–64.
3. Янош Н. Кукурудза. Вінниця: ФОП Корзун Д.Ю., 2012. 580 с.
4. Каленська С.М., Таран В.Г., Данилів П.О. Особливості формування урожайності гібридів кукурудзи залежно від удобрення, густоти стояння рослин та погодних умов. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 101. С. 42–49.
5. Камінський В.Ф., Асанішвілі Н.М. Формування якості зерна кукурудзи різних напрямів використання залежно від технології вирощування в Лісостепу. *Корми і кормовиробництво*. 2020. № 89. С. 74–84.
6. Асанішвілі Н.М., Буслаєва Н.Г., Шляхтурова С.П. Вплив агрохімічного навантаження на забезпеченість рослин елементами живлення та врожайність кукурудзи в Лісостепу. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2020. Вип. 32. С. 9–19.
7. Борис Н.Є., Красюк Л.М. Поживний режим сірого лісового ґрунту залежно від систем основного обробітку і удобрення в короткоротаційній зерновій сівозміні. *Агробіологія*. 2020. Вип. 2. С. 16–26.
8. Господаренко Г.М., Прокопчук І.В., Бойко В.П. Засвоєння основних елементів живлення з ґрунту й мінеральних добрив кукурудзою. *Зб. наук. пр. Уманського НУС*. 2019. Вип. 95. Ч. 1. С. 76–89.
9. Кохан А.В., Глущенко Л.Д., Лень О.І. та ін. Продуктивність сортів і гібридів кукурудзи за різних систем удобрення та беззмінного їх вирощування. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 10(799). С. 18–23.
10. Рудавська Н.М., Гук Р.М. Вплив удобрення на формування врожаю гібридів кукурудзи. *Передгірне*

*та гірське землеробство і тваринництво*. 2017. Вип. 61. С. 123–134.

11. Танчик С.П., Центилю Л.В. Особливості удобрення кукурудзи за її вирощування на чорноземі типовому в Лісостепу України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2017. № 269. С. 74–83.
12. Сви́динюк І.М., Асанішвілі Н.М., Величко В.П. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від технологічних факторів у північному Лісостепу. *Землеробство*. 2006. № 78. С. 40–46.
13. Кавецький С.В., Логинова І.В. Удобрення кукурудзи і сои: наукопрактические рекомендации. Київ: Українська видавнича спілка ім. Ю. Липи, 2013. 182 с.
14. Шинкарук Л. Вплив макро- і мікродобрив на врожайність кукурудзи. *Вісник Львівського НАУ: Агрономія*. 2021. № 25. С. 162–166.
15. Агафонов Н.С., Тороп Е.А., Тороп А.А. К методике изучения структуры урожая. *Селекция и семеноводство*. 2005. № 4. С. 7–12.
16. Рудавська Н.М., Глива В.В. Формування продуктивності гібридів кукурудзи в умовах Лісостепу Західного. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2018. № 64. С. 120–132.

#### REFERENCES:

1. Kamenschuk B.D. (2020). *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti vyroshchuvannia kukurudzy na zerno* [Ways to increase the efficiency of growing corn for grain]. *Feed and feed production*, 89, 85–92. [in Ukrainian].
2. Malienko A.M., Boris N.E. (2019). *Typovist hidrotermichnykh umov zony Pravoberezhnoho Lisostepu ta yikh vplyv na produktyvnist kukurudzy* [Typical hydrothermal conditions of the Right Bank Forest-Steppe zone and their impact on maize productivity]. *Agrobiology: a collection of scientific papers*, 1, 55–64. [in Ukrainian].
3. Janos N. (2012). *Corn*. Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu., 580. [in Ukrainian].

4. Kalenskaya S.M., Taran V.G., Danilov P.O. (2018). *Osoblyvosti formuvannia urozhainosti hibrydiv kukurudzy zalezno vid udobrennia, hustoty stoiannia roslyn ta pohodnykh umov* [Features of yield formation of maize hybrids depending on fertilizer, plant density and weather conditions]. Taurian Scientific Bulletin, 101, 42–49. [in Ukrainian].
  5. Kaminsky V.F., Asanishvili N.M. (2020). *Formuvannia yakosti zerna kukurudzy riznykh napriamiv vykorystannia zalezno vid tekhnologii vyroshchuvannia v Lisostepu* [Formation of corn grain quality of different uses depending on the technology of cultivation in the forest-steppe]. Feed and feed production, 89, 74–84. [in Ukrainian].
  6. Asanishvili N.M., Buslaeva N.G., Shlyakhturova S.P. (2020). *Vplyv ahrokhimichnoho navantazhennia na zabezpechenist roslin elementamy zhyvlennia ta vrozhaist kukurudzy v Lisostepu* [Influence of agrochemical load on plant nutrient supply and corn yield in the Forest-Steppe]. Podolsk Bulletin: agriculture, technology, economics, 32, 9–19. [in Ukrainian].
  7. Boris N.E., Krasnyuk L.M. (2020). *Pozhyvnyi rezhym siroho lisovoho gruntu zalezno vid system osnovnoho obrobitku i udobrennia v korotkorotatsiini zernovii sivozmini* [Nutritional regime of gray forest soil depending on the systems of basic cultivation and fertilizer in short-rotation grain crop rotation]. Agrobiology, 2, 16–26. [in Ukrainian].
  8. Gospodarenko G.M., Prokopchuk I.V., Boyko V.P. (2019). *Zasvoiennia osnovnykh elementiv zhyvlennia z gruntu y mineralnykh dobryv kukurudzoiu* [Assimilation of basic nutrients from soil and mineral fertilizers by corn. Coll. Science]. Uman NUS Ave, 95(1), 76–89. [in Ukrainian].
  9. Kokhan A.V., Glushchenko L.D., Len O.I. (2019). *Produktyvnist sortiv i hibrydiv kukurudzy za riznykh system udobrennia ta bezzminnoho yikh vyroshchuvannia* [Productivity of varieties and hybrids of corn under different systems of fertilizers and their constant cultivation]. Bulletin of Agricultural Science, 10 (799), 18–23. [in Ukrainian].
  10. Rudavskaya N.M., Hook R.M. (2017). *Vplyv udobrennia na formuvannia vrozhaist hibrydiv kukurudzy* [Influence of fertilizers on the formation of the yield of maize hybrids]. Foothill and mountain agriculture and animal husbandry, 61, 123–134. [in Ukrainian].
  11. Tanchyk S.P., Centilo L.V. (2017). *Osoblyvosti udobrennia kukurudzy za yii vyroshchuvannia na chornozemi typovomu v Lisostepu Ukrainy* [Peculiarities of corn fertilizer for its cultivation on typical chernozem in the Forest-Steppe of Ukraine]. Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 269, 74–83. [in Ukrainian].
  12. Svydynyuk I.M., Asanishvili N.M., Velychko V.P. (2006). *Produktyvnist hibrydiv kukurudzy zalezno vid tekhnologichnykh faktoriv u pivnichnomu Lisostepu* [Productivity of maize hybrids depending on technological factors in the northern forest-steppe]. Agriculture, 78, 40–46. [in Ukrainian].
  13. Kavetsky S.V., Loginova I.V. (2013). *Udobrennye kukuruzy y soy : nauchnopraktycheskiye rekomendatsyy* [Fertilization of corn and soybeans: scientific and practical recommendations]. Kyiv: Ukrainian Publishing Union. Yu. Lipi, 182. [in Russian].
  14. Shinkaruk L. (2021). *Vplyv makro- i mikrodobryv na vrozhaist kukurudzy* [Influence of macro- and micro-fertilizers on corn yield]. Bulletin of Lviv NAU: Agronomy, 25, 162–166. [in Ukrainian].
  15. Agafonov N.S., Torop E.A., Torop A.A. (2005). *K metodye yzucheniya struktury urozhaiya* [To the method of studying the structure of the crop]. Breeding and seed production, 4, 7–12. [in Ukrainian].
  16. Rudavskaya N.M., Glyva V.V. (2018). *Formuvannia produktyvnosti hibrydiv kukurudzy v umovakh Lisostepu Zakhidnoho* [Formation of productivity of maize hybrids in the Western Forest-Steppe]. Foothill and mountain agriculture and animal husbandry, 64, 120–132. [in Ukrainian].
- Господаренко Г.М., Любич В.В., Леонова К.П., Стоцький В.В. Вплив вапнування чорнозему опідзоленого та удобрення на врожайність кукурудзи**
- Мета.** Встановити вплив вапнування в поєднанні з внесенням різних видів і доз мінеральних добрив на врожайність кукурудзи у польовій сівозміні. **Методи.** Польовий, статистичний, аналізування. **Результати.** Розглянуто питання впливу різних доз дефекату й мінеральних добрив на формування врожайності кукурудзи у польовій сівозміні Правобережного Лісостепу України. Кукурудза добре реагувала як на вапнування чорнозему опідзоленого, так і на поліпшення мінерального живлення рослин. Залежно від цих чинників і погодних умов урожайність зерна в досліді змінювалась від 3,62 до 15,61 т/га. Істотний вплив на формування урожаю мало удобрення. За дві ротації сівозміни урожайність зерна кукурудзи збільшувалась від 5,08 до 10,61 т/га за внесення  $N_{120}P_{90}$  або в 2,1 рази. Застосування повного мінерального добрива ( $N_{120}P_{90}K_{90}$ ) збільшувало цей показник до 11,12 т/га або в 2,2 рази. Збільшення дози добрив до  $N_{160}P_{120}K_{120}$  забезпечило отримання 12,89 т/га зерна кукурудзи, або більше в 2,5 рази порівняно з варіантом без добрив. Вапнування ґрунту підвищувало ефективність внесених добрив. Особливо це проявлялося в перші роки післядії дефекату. Так, на тлі його внесення в дозі 4,5 т/га приріст урожаю становив 5–7%, тоді як за дози внесення 9,0 т/га – 7–10%. За високої дози дефекату (13,5 т/га) приріст урожаю був неістотним. **Висновки.** За дві ротації сівозміни приріст урожаю зерна кукурудзи від внесення добрив у дозі  $N_{120}P_{90}K_{90}$  становив 5,53 т/га або 109%. Подальше підвищення дози добрив до  $N_{160}P_{120}K_{120}$  сприяло підвищенню врожаю лише на 5%. Вапнування ґрунту підвищує ефективність внесених добрив, особливо в перші роки післядії дефекату. За внесення 4,5, 9,0 і 13,5 т/га дефекату за дві ротації сівозміни приріст урожаю зерна кукурудзи на тлі  $N_{160}P_{120}K_{120}$  відповідно становив 0,42, 0,64 і 0,81 т/(га · рік). Навіть без внесення мінеральних добрив вапнування підвищувало його на 0,23–0,40 т/(га · рік) залежно від дози дефекату. Ефективність вапнування підвищується за внесення калійних добрив.
- Ключові слова:** азот, фосфор, калій, дефекат, продуктивність, сівозміна, ротація.
- Hospodarenko H.M., Liubych V.V., Leonova K.P., Stotskyi V.V. Influence of podzolic chernozem liming and fertilizer on maize yield**
- Aims.** To establish the liming effect in combination with the application of different types and doses of mineral fertilizers on maize yield in the field crop rotation. **Methods.**

Field, statistical, analysis. **Results.** The influence of different doses of defecates and mineral fertilizers on maize yield formation in the field crop rotation of the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine is considered. Maize responded well to both liming chernozem podzolic and improving plant mineral nutrition. Depending on these factors and weather conditions, the grain yield in the experiment varied from 3.62 to 15.61 t/ha. Fertilization had a significant effect on crop formation. During two crop rotations, maize grain yield increased from 5.08 to 10.61 t/ha with  $N_{120}P_{90}$  application or 2.1 times. The application of complete mineral fertilizer ( $N_{120}P_{90}K_{90}$ ) increased this figure to 11.12 t/ha or 2.2 times. Increasing fertilizer dose to  $N_{160}P_{120}K_{120}$  provided 12.89 t/ha of maize grain or 2.5 times more than variant without fertilizer. Soil liming increased fertilizer efficiency. This was especially evident in the first years after the defecate. Thus, in the background of its application at a dose of 4.5 t/ha,

the yield increase was 5-7%, while at a dose of 9.0 t/ha – 7–10%. At a high dose of defecate (13.5 t/ha) the increase in yield was insignificant. **Conclusions.** During two crop rotations, the increase in maize grain yield after fertilizer application at the dose of  $N_{120}P_{90}K_{90}$  was 5.53 t/ha or 109%. A further increase in fertilizer dose to  $N_{160}P_{120}K_{120}$  increased the yield by only 5%. Liming of soil increases fertilizer effectiveness, especially in the first years after the defecate. With the introduction of 4.5, 9.0 and 13.5 t/ha of defecate for two crop rotations, the increase in maize grain yield in the background of  $N_{160}P_{120}K_{120}$  was 0.42, 0.64 and 0.81 t/(ha · year), respectively. Even without the application of mineral fertilizers, liming increased it by 0.23–0.40 t/(ha · year) depending on defecate dose. Liming efficiency increases with the application of potash fertilizers.

**Key words:** nitrogen, phosphorus, potassium, defecate, productivity, crop rotation, rotation.

## ВПЛИВ РІЗНИХ СИСТЕМ ЗАХИСТУ НА ЯКІСТЬ ВИРОЩЕНОГО НАСІННЯ СОЇ

**ГУТЯНСЬКИЙ Р.А.** – кандидат сільськогосподарських наук,

старший науковий співробітник

[orcid.org/0000-0002-5953-9428](https://orcid.org/0000-0002-5953-9428)

Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва Національної академії аграрних наук

**ОГУРЦОВ Ю.Є.** – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий

співробітник

[orcid.org/0000-0002-4870-5654](https://orcid.org/0000-0002-4870-5654)

Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва Національної академії аграрних наук

**ШЕЛЯКІНА Т.А.** – науковий співробітник

[orcid.org/0000-0003-2255-8550](https://orcid.org/0000-0003-2255-8550)

Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва Національної академії аграрних наук

**ІЛЬЧЕНКО Н.К.** – науковий співробітник

[orcid.org/0000-0003-1080-1373](https://orcid.org/0000-0003-1080-1373)

Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва Національної академії аграрних наук

**МАХНОВА Л.М.** – молодший науковий співробітник

[orcid.org/0000-0003-1291-4072](https://orcid.org/0000-0003-1291-4072)

Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва Національної академії аграрних наук

**КЛИМЕНКО І.В.** – кандидат сільськогосподарських наук

[orcid.org/0000-0002-3014-1694](https://orcid.org/0000-0002-3014-1694)

Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва Національної академії аграрних наук

**ЧЕРНОБАБ О.В.** – кандидат сільськогосподарських наук,

старший науковий співробітник

[orcid.org/0000-0002-1701-9096](https://orcid.org/0000-0002-1701-9096)

Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва Національної академії аграрних наук

**Постановка проблеми.** Соя – одна з найпоширеніших зернобобових культур, яка широко використовується у харчуванні людини та годівлі тварин. Вирощування сої не обходиться без захисту рослин від шкідливих об'єктів. Правильно побудований захист дозволяє сформувати високу врожайність насіння сої. Водночас систему захисту культури слід розглядати не лише як засіб підвищення урожайності, а й як фактор впливу на якість продукції [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Якість насіння сої залежить від попередника. Найвищий вміст білка (39,9–40,1%) і жиру (20,0–20,1%) в насінні сої отримано за її розміщення після пшениці і ячменю ярого [2].

На біохімічний склад насіння сої також впливають сорт, генотипи, вологозабезпеченість рослин сої та технологія вирощування. Залежно від цих факторів вміст білка у сортах насіння коливався від 37,50 до 41,11%, жирність – від 19,02 до 21,70%, масова частка вологи – від 8,8 до 11,4% [3].

В іншому дослідженні вміст сирого протеїну та жиру у зерні сої суттєво залежав від сорту, обробки насіння та мінерального удобрення. Вищий вміст сирого протеїну був у зерні сорту Артеміда (36,57%) порівняно з сортом Агат (36,01%). Внесення  $N_{30}P_{60}K_{60}$  та обробка насіння препаратом Ризогумін сприяли підвищенню цього показника до 40,35% у сорту Артеміда і 39,93% у сорту Агат. Проте в зерні сорту Агат вміст жиру був більший [4].

Завдяки обприскуванню посівів сої у фазі бутонізації рідким комплексним добривом «Оазис» вміст білка у зерні підвищувався на 0,74–2,93%. Установлено також тенденцію позитивного впливу на вміст жиру в зерні [5].

Забур'яненість посівів негативно впливає на якісні показники насіння сої. За механічного способу знищення бур'янів вміст протеїну збільшується на 2,7%, а за хімічного – на 3,0%. На вміст олії краще впливає механічний спосіб [6].

Бур'яни здатні змінювати вміст білка в насінні сої, зменшуючи його кількість в контролі без прополювань на 2,47%. Більш суттєві зміни вмісту білка зафіксовано за внесення гербіциду Півот, його нестача становила 4,27% [7]. Вони суттєво зменшують кількість пальмітинової кислоти в олії, а застосування гербіциду Півот відчутно нарощує вміст ліноленової кислоти [8].

За даними інших авторів, за ресурсозбережної та інтенсивної системи захисту посівів сої від бур'янів вміст білку в зерні був майже на одному рівні (відповідно 42,1 і 42,0%). Вищий вміст жиру отримано за інтенсивної системи захисту (20,46%), що на 0,07% більше за першу технологічну модель [9].

Проведення позакореневого підживлення композицією  $N_{10}P_3K_4S_1 + Mo + E$  містим С у фазі початок наливання насіння сої сприяло підвищенню вмісту сирого протеїну для сорту Фаєтон, Подільська 1 і Оксана відповідно на 0,76; 0,84 і 0,80%. Застосування цієї ж композиції у фазі повного наливання насіння забезпечувало зростання вмісту сирого протеїну на 0,66–0,70%. Поєднання двох позакорневих підживлень у фазах початок та повне наливання насіння згаданою композицією забезпечило найвищий вміст сирого протеїну (39,94–40,30%), що більше на 1,19–1,39%, ніж на ділянках контрольного варіанта [10].

За даними М.В. Кушнір, максимальний вміст сирого протеїну в насінні сої сорту Хуторяночка (40,5%) та



сорту КиВін (40,3%) відмічений за внесення  $N_{45}P_{60}K_{60}$ , обробці насіння інокулянтом Оптімайз, мікродобривом ТЕНСО Коктейль, протруйником Вітавакс 200 ФФ у поєднанні з двома позакореновими підживленнями водорозчинним добривом на хелатній основі Кропмакс (0,5 л/га) у два строки (у фазі бутонізації та формування бобів) [11].

Результати досліджень Інституту кормів та сільськогосподарства Поділля показали, що два листових підживлення бактеріальними добривами Агроболік, Вігорт, Біокомплекс БТУ, Біоферментоване добриво у фазі перших трійчастих листків та бутонізації підвищили вміст сирого протеїну в зерні сої до 40,21–40,83%, а його вихід збільшили на 0,08–0,13 т/га [12].

Загалом, білок краще накопичується в умовах стабільного теплозабезпечення у фазу наливу та дозрівання бобів соєю. Температурний режим має більший вплив на цей процес, ніж вологозабезпечення [13]. Формування високого вмісту олії в насінні сої відбувається в умовах кращого вологозабезпечення, а тепловий режим має менший вплив на формування досліджуваної ознаки, ніж наявність ґрунтової вологи [14]. Загальний вміст білка і олії в насінні дуже сильно корелює із вмістом білка ( $r=0,948$ ), а загальний збір білка і олії з 1 га визначається врожайністю ( $r=0,994$ ). Між урожайністю і вмістом в насінні білка, олії та їх суми не виявлено сильної кореляції [15].

Нашими дослідженнями встановлено істотні відмінності в дії гербіцидів на посівні якості насіння сої. Так, внесення гербіциду Фабіан до сходів і по сходах у баковій суміші з грамініцидами Фюзілад Форте 150 ЕС, Пантера і Міура негативно впливало на енергію проростання насіння сої. Водночас не виявлено істотного впливу гербіцидів на лабораторну схожість насіння сої [16].

Ураховуючи вищенаведене, слід наголосити, що за послаблення системи захисту сої від шкідливих об'єктів існує загроза суттєвих втрат якості вирощеної продукції. Тому підвищення якості насіння сої за допомогою сучасних систем захисту культури в наш час є одним із актуальних питань.

**Мета дослідження** – встановити комплексний вплив протруйника насіння, біопрепаратів, післясходових гербіцидів, фунгіциду та регулятора росту рослин на вміст білка і олії у вирощеному насінні сої, його енергію проростання та лабораторну схожість.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження проводили упродовж 2016–2018 рр. в Інституті рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН. Висівали сорт сої Романтика. Вивчали дозволені в Україні препарати [17]: біопрепарат Біокомплекс-БТУ, р. (клітини бактерій *Bacillus subtilis* 221 –  $40 \pm 10$  %, *Azotobacter* –  $30 \pm 10$  %, *Paenibacillus polymyxa* –  $10 \pm 5$  %, *Enterococcus* –  $10 \pm 5$  %, *Lactobacillus* –  $10 \pm 5$  % титр  $1 \times 10^8$ – $1 \times 10^9$  КУО/см<sup>3</sup>, макро- та мікроелементи, біологічні активні продукти життєдіяльності бактерій: нікотинова та пантотенова кислоти, піридоксин, біотин, гетероауксини, гіберелін, цитокиніни, ферменти, фунгіцидні та бактерицидні речовини тощо); біофунгіцид Фітоцид, р. (клітини бактерій *Bacillus subtilis*  $1 \times 10^9$ – $1 \times 10^{10}$  КУО/см<sup>3</sup> або  $1 \times 10^{10}$  КУО/г); біопри-

липач Липосам (ліпкогенна композиція полісахаридів природного походження); протруйник Стандак Топ, ТН (фіпроніл, 250 г/л + піраклостробін, 25 г/л + тіофанат-метил, 225 г/л); гербіциди Табезон, РК (бентазон, 480 г/л), Формула, в. г. (тифенсульфурон-метил, 750 г/кг) і Лемур, КЕ (хізалофоп-П-тефурил, 40 г/л); фунгіцид Аканто Плюс 28, КС (пікоксістробін, 200 г/л + ципроконазол, 80 г/л); регулятор росту рослин Вермийодіс, в. р. (N – 0,6 %,  $P_2O_5$  – 0,4 %,  $K_2O$  – 0,6 %, CaO – 105 мг/л, Fe – 25 мг/л, MgO – 0–5 %, B – 0–1 %, Cu – 0–1 %, Zn – 0–1 %, Mn – 0–1 %, Mo – 0–1 %, фітогормони, гумінові і сульфокислоти, вітаміни, амінокислоти, специфічні білкові речовини, мікроорганізми, водний розчин іонів йоду); поверхнево-активна речовина Тренд 90, в. р. (етоксилат ізодецилового спирту, 900 г/л).

Схема досліду включала 15 варіантів:

1. Вода ( $H_2O$ ), 8,0 л/т (обробка насіння) – абсолютний контроль (з бур'янами, без препаратів).
2. Біокомплекс-БТУ, 1,0 л/т (обробка насіння) – контроль (з бур'янами).
3. Стандак Топ, 1,0 л/т (обробка насіння) – контроль (з бур'янами).
4. Вода ( $H_2O$ ), 8,0 л/т (обробка насіння) + Табезон, 2,0 л/га + Формула, 6 г/га + Тренд 90, 0,2 л/га (примордіальні листки) + Лемур, 1,5 л/га (2–3 трійчасті листки).
5. Біокомплекс-БТУ, 1,0 л/т (обробка насіння) + Табезон, 2,0 л/га + Формула, 6 г/га + Тренд 90, 0,2 л/га (примордіальні листки) + Лемур, 1,5 л/га (2–3 трійчасті листки).
6. Стандак Топ, 1,0 л/т (обробка насіння) + Табезон, 2,0 л/га + Формула, 6 г/га + Тренд 90, 0,2 л/га (примордіальні листки) + Лемур, 1,5 л/га (2–3 трійчасті листки).
7. Вода ( $H_2O$ ), 8,0 л/т (обробка насіння) + Табезон, 2,0 л/га + Формула, 6 г/га + Тренд 90, 0,2 л/га (примордіальні листки) + Лемур, 1,5 л/га (2–3 трійчасті листки) + Фітоцид, 0,6 л/га (бутонізація) + Фітоцид, 0,6 л/га (формування бобів).
8. Біокомплекс-БТУ, 1,0 л/т (обробка насіння) + Табезон, 2,0 л/га + Формула, 6 г/га + Тренд 90, 0,2 л/га (примордіальні листки) + Лемур, 1,5 л/га (2–3 трійчасті листки) + Фітоцид, 0,6 л/га (формування бобів).
9. Стандак Топ, 1,0 л/т (обробка насіння) + Табезон, 2,0 л/га + Формула, 6 г/га + Тренд 90, 0,2 л/га (примордіальні листки) + Лемур, 1,5 л/га (2–3 трійчасті листки) + Фітоцид, 0,6 л/га (формування бобів).
10. Вода ( $H_2O$ ), 8,0 л/т (обробка насіння) + Табезон, 2,0 л/га + Формула, 6 г/га + Тренд 90, 0,2 л/га (примордіальні листки) + Лемур, 1,5 л/га (2–3 трійчасті листки) + Аканто Плюс 28, 0,75 л/га (бутонізація) + Аканто Плюс 28, 0,75 л/га (формування бобів).
11. Біокомплекс-БТУ, 1,0 л/т (обробка насіння) + Табезон, 2,0 л/га + Формула, 6 г/га + Тренд 90, 0,2 л/га (примордіальні листки) + Лемур, 1,5 л/га (2–3 трійчасті листки) + Аканто Плюс 28, 0,75 л/га (формування бобів).
12. Стандак Топ, 1,0 л/т (обробка насіння) + Табезон, 2,0 л/га + Формула, 6 г/га + Тренд 90, 0,2 л/га (примордіальні листки) + Лемур, 1,5 л/га (2–3 трійчасті листки) + Аканто Плюс 28, 0,75 л/га (формування бобів).
13. Вода ( $H_2O$ ), 8,0 л/т (обробка насіння) + Табезон, 2,0 л/га + Формула, 6 г/га + Тренд 90, 0,2 л/га (примор-

діальні листки) + Лемур, 1,5 л/га (2–3 трійчасті листки) + Фітоцид, 0,6 л/га + Липосам, 0,2 л/га (бутонізація) + Фітоцид, 0,6 л/га + Липосам, 0,2 л/га (формування бобів).

14. Біокомплекс-БТУ, 1,0 л/т (обробка насіння) + Табелон, 2,0 л/га + Формула, 6 г/га + Тренд 90, 0,2 л/га (примордіальні листки) + Лемур, 1,5 л/га + Біокомплекс-БТУ, 0,3 л/га (2–3 трійчасті листки) + Фітоцид, 0,6 л/га + Біокомплекс-БТУ, 0,3 л/га (бутонізація) + Фітоцид, 0,6 л/га + Біокомплекс-БТУ, 0,4 л/га (формування бобів).

15. Стандак Топ, 1,0 л/т (обробка насіння) + Табелон, 2,0 л/га + Формула, 6 г/га + Тренд 90, 0,2 л/га (примордіальні листки) + Лемур, 1,5 л/га + Вермийодіс, 2,0 л/га (2–3 трійчасті листки) + Аканто Плюс 28, 0,75 л/га + Вермийодіс, 2,0 л/га (бутонізація) + Аканто Плюс 28, 0,75 л/га + Вермийодіс, 2,0 л/га (формування бобів).

Норма витрати робочої рідини за обробки насіння Біокомплекс-БТУ та Стандак Топ – 8,0 л/т (препарат + вода). У період вегетації препарати вносили ранцевим обприскувачем, витрата робочої рідини – 300 л/га. Площа облікової ділянки – 36 м<sup>2</sup>, повторення триразове. Збирали сою комбайном «Samro-130». Визначення вмісту білка та олії в насінні сої проводили на приладі «Інфралюм ФТ-10» в лабораторії генетики, біотехнології та якості Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. Енергію проростання та лабораторну схожість насіння сої визначали в лабораторії насінництва та насіннезнавства вказаного інституту за ДСТУ 4138-2002 [18]. Статистичний аналіз результатів досліджень проведено дисперсійним методом згідно методики Б.О. Доспехова з використанням пакету ліцензійних комп'ютерних програм Microsoft Office Excel та Statistica 6.

**Результати досліджень.** У середньому за три роки досліджень (табл. 1) найменший вміст білка у вирощеному насінні сої (36,1%) сформувався на фоні внесення лише гербіцидів (варіант № 4). Застосування всіх інших

препаратів у комплексі з гербіцидами приводило до збільшення вмісту білка (на 0,2–1,1%), порівняно з варіантом № 4. Також, порівняно з варіантом № 4, більший вміст білка виявлено в контрольних варіантах № 1–3 (на 0,9–1,1%).

Доказово більший вміст олії в насінні сої сформувався за використання на фоні Біокомплекс-БТУ та Стандак Топ гербіцидів і Фітоциду у фазу формування бобів (варіанти № 8 і 9, відповідно на 0,5% і 0,4%), порівняно з абсолютним контролем (варіант № 1).

На варіантах № 4–15, де знищували бур'яни за допомогою гербіцидів, відбулось зростання збору білка (на 0,01–0,08 т/га) й олії (на 0,01–0,04 т/га), порівняно з контрольними варіантами № 1–3. Показники збору білка й олії відповідно на рівні 0,49–0,51 т/га (варіанти № 5–12, 14–15) та 0,24 т/га (варіанти № 6, 8–9, 12, 15) були доказовими, порівняно з абсолютним контролем.

Не виявлено доказової різниці за енергією проростання насіння сої, вирощеного на фоні комплексного застосування препаратів хімічного та біологічного походження, порівняно з абсолютним контролем. Але виявлено доказове зниження цього показника (на 11%) за використання на фоні гербіцидів біофунгіциду Фітоцид у фазу бутонізації та формування бобів (варіант № 7) порівняно з внесенням на фоні Біокомплекс-БТУ гербіцидів і препарату Фітоцид у фазу формування бобів (варіант № 8).

Застосування інших препаратів у комплексі з гербіцидами і без них приводило до збільшення лабораторної схожості насіння сої (на 4–8%), порівняно з абсолютним контролем. У більшості композицій з гербіцидами (варіанти № 5–9, 11–12, 14) виявлено доказове збільшення цього показника (на 6–8%), порівняно з абсолютним контролем.

**Висновки.** Застосування в посівах сої одних лише післясходових гербіцидів призводило до зменшення

Таблиця 1

**Якість вирощеного насіння сої за комплексного застосування препаратів хімічного та біологічного походження, середнє за 2016–2018 рр.**

| № з/п             | Білок    |            | Олія     |            | Енергія проростання, % | Лабораторна схожість, % |
|-------------------|----------|------------|----------|------------|------------------------|-------------------------|
|                   | вміст, % | збір, т/га | вміст, % | збір, т/га |                        |                         |
| 1                 | 37,2     | 0,43       | 17,0     | 0,20       | 75                     | 80                      |
| 2                 | 37,2     | 0,46       | 17,1     | 0,21       | 77                     | 85                      |
| 3                 | 37,0     | 0,43       | 16,9     | 0,20       | 77                     | 84                      |
| 4                 | 36,1     | 0,48       | 17,2     | 0,23       | 77                     | 84                      |
| 5                 | 37,1     | 0,49       | 17,2     | 0,23       | 76                     | 86                      |
| 6                 | 36,3     | 0,51       | 17,3     | 0,24       | 80                     | 86                      |
| 7                 | 36,5     | 0,49       | 17,3     | 0,23       | 70                     | 86                      |
| 8                 | 36,9     | 0,50       | 17,5     | 0,24       | 81                     | 87                      |
| 9                 | 36,6     | 0,50       | 17,4     | 0,24       | 79                     | 88                      |
| 10                | 36,6     | 0,50       | 17,1     | 0,23       | 76                     | 85                      |
| 11                | 37,2     | 0,50       | 17,2     | 0,23       | 79                     | 87                      |
| 12                | 37,0     | 0,51       | 17,3     | 0,24       | 79                     | 87                      |
| 13                | 36,3     | 0,47       | 17,3     | 0,22       | 76                     | 84                      |
| 14                | 36,7     | 0,50       | 17,2     | 0,23       | 79                     | 86                      |
| 15                | 36,6     | 0,51       | 17,2     | 0,24       | 78                     | 84                      |
| НІР <sub>05</sub> | 1,0      | 0,05       | 0,3      | 0,03       | 10                     | 5                       |

показнику вмісту білка у вирощеному насінні (36,1%) порівняно з іншими варіантами досліду (36,3–37,2%). Найбільші вмісти олії сформувались за використання на фоні Біокомплекс-БТУ та Стандак Топ гербіцидів і Фітоциду у фазу формування бобів (відповідно 17,5 і 17,4%). На забур'яненних контрольних варіантах, де не знищували бур'яни гербіцидами, відбулось зменшення збору білка й олії. Не встановлено доказового впливу хімічних та біологічних препаратів на енергією проростання вирощеного насіння сої порівняно з абсолютним контролем. Усі системи захисту сої від шкідливих факторів сприяли збільшенню лабораторної схожості вирощеного насіння сої на 4–8% порівняно з абсолютним контролем.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Кириченко В.В., Рябуха С.С., Кобизева Л.Н., Посилаєва О.О., Чернишенко П.В. Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) : монографія / за ред. В.В. Кириченка. Харків, 2016. 400 с.
2. Покотило І.А., Крижанівський В.Г., Невлад В.І. Урожайність і технологічна якість насіння сої залежно від основного обробітку ґрунту і попередників у Правобережному Лісостепу України. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2020. Вип. 96. Ч. 1. С. 405–416. DOI: 10.31395/2415-8240-2020-96-1-405-416.
3. Parfenuk A.I., Havryliuk L.V., Beznosko I.V., Pasichnik L.P., Turovnik Y.A., Ternovyi Y.V. Influence of Filazonit biopreparation on soybean seed quality. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. № 11(3). P. 86–89. DOI: 10.15421/2021\_148.
4. Чинчик О.С. Основні показники якості насіння сортів сої залежно від агротехнічних прийомів вирощування в умовах західного Лісостепу. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2012. № 3. С. 49–51.
5. Худяков О.І. Вплив позакореневого підживлення рідким добривом на якість сої. *Вісник аграрної науки*. 2011. № 9. С. 49–50.
6. Шевніков М.Я., Міленко О.Г. Вплив агроєкологічних факторів на вміст протеїну та олії в насіння сої. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2016. Вип. 20. С. 84–90.
7. Жеребко В.М. Вплив бур'янів і гербіцидів на амінокислотний склад насіння сої. *Карантин і захист рослин*. 2016. № 2-3. С. 22–23.
8. Жеребко В.М. Зміни жирно-кислотного складу насіння сої залежно від догляду за її посівами. *Карантин і захист рослин*. 2016. № 5. С. 4.
9. Григор'єва О.М., Дімова С.Б., Алмаєва Т.М. Ефективність біопрепаратів у технології вирощування сої на чорноземі звичайному важко-суглинковому Правобережного Степу України. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2019. Вип. 29. С. 46–55. DOI: 10.35868/1997-3004.29.46-55.
10. Петриченко В.Ф., Колісник С.І., Венедіктов О.М., Балан М.О. Урожайність і білковість сортів сої залежно від позакореневих підживлень та десикації в умовах Правобережного Лісостепу України. *Корми і кормовиробництво*. 2008. Вип. 61. С. 3–9.
11. Кушнір М.В. Вплив передпосівної обробки насіння та позакореневих підживлень на урожайність та якість насіння сучасних сортів сої. *Селекція і насінництво*. 2014. Вип. 106. С. 134–140.
12. Задорожний В.С., Свитко С.М. Вплив листових підживлень бактеріальними добривами на продуктивність сої. *Корми і кормовиробництво*. 2018. Вип. 86. С. 87–94.
13. Посилаєва О.О., Кириченко В.В., Шелякіна Т.А. Вплив дефіциту вологи і підвищених температур на накопичення білку в насінні сучасних сортів сої. *Селекція і насінництво*. 2014. Вип. 105. С. 149–156.
14. Посилаєва О.О., Кириченко В.В., Ільченко Н.К., Чернишенко П.В. Накопичення олії в насінні сучасних сортів сої під впливом дефіциту вологи і підвищених температур. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. 2014. Вип. 16. С. 189–196.
15. Рябуха С.С., Чернишенко П.В., Святченко С.І., Садовой О.О., Тесля Т.О. Вплив гідротермічних чинників довкілля на урожайність і біохімічний склад насіння сої. *Селекція і насінництво*. 2019. Вип. 115. С. 93–102. DOI: 10.30835/2413-7510.2019.172785.
16. Гутянський Р.А., Огурцов Ю.Є., Клименко І.І., Волошина С.М. Урожайні властивості та посівні якості насіння сої за дії сучасних гербіцидів. *Селекція і насінництво*. 2015. Вип. 107. С. 170–176. DOI: 10.30835/2413-7510.2015.54052.
17. Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні. Київ : ТОВ «Юнівест Медіа», 2016. 1023 с.
18. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Чинний від 2004-01-01. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 174 с.

#### REFERENCES:

1. Kyrychenko, V.V., Riabukha, S.S., Kobyzieva, L.N., Posylaieva, O.O., & Chernyshenko, P.V. (Kyrychenko, V.V. (Ed.)). (2016). Soia (*Glycine max* (L.) Merr.) [Soy (*Glycine max* (L.) Merr.)]: monograph. Kharkiv, 400 p. [in Ukrainian].
2. Pokotylo, I.A., Kryzhanivskyi, V.H., & Nevlad, V.I. (2020). Urozhainist i tekhnolohichna yakist nasinnia soi zalezno vid osnovnoho obrobittu gruntu i poperednykiv u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy [Yield and technological quality of soybean seeds depending on the main tillage and predecessors in the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats Uman'skoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*, 96, 1, 405–416. [in Ukrainian]. DOI: 10.31395/2415-8240-2020-96-1-405-416
3. Parfenuk, A.I., Havryliuk, L.V., Beznosko, I.V., Pasichnik, L.P., Turovnik, Y.A., & Ternovyi, Y.V. (2021). Influence of Filazonit biopreparation on soybean seed quality. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11 (3), 86–89. [in English]. DOI: 10.15421/2021\_148
4. Chynchyk, O.S. (2012). Osnovni pokaznyky yakosti nasinnia sortiv soi zalezno vid ahrotekhnichnykh priyomiv vyroshchuvannya v umovakh zachidnoho Lisostepu [The main indicators of soybean seed quality depending on agronomic methods of cultivation in the western forest-steppe]. *Biuleten Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy*, 3, 49–51. [in Ukrainian].
5. Khudiakov, O.I. (2011). Vplyv pozakorenevoho pidzhyvlenня ridskym dobryvom na yakist soi [Influence of foliar

- fertilization with liquid fertilizer on soybean quality]. *Visnyk ahronoi nauky*, 9, 49–50. [in Ukrainian].
6. Shevnikov, M.Ia., & Milenko, O.H. (2016). Vplyv ahroekologichnykh faktoriv na vmist proteinu ta olii v nasinnia soi [Influence of agroecological factors on protein and oil content in soybean seeds]. *Visnyk TsNZ APV Kharkivskoi oblasti*, 20, 84–90. [in Ukrainian].
  7. Zherebko, V.M. (2016). Vplyv burianiv i herbicydiv na aminokyslotnyi sklad nasinnia soi [Influence of weeds and herbicides on the amino acid composition of soybean seeds]. *Karantyn i zakhyst roslyn*, 2–3, 22–23. [in Ukrainian].
  8. Zherebko, V.M. (2016). Zminy zhyrno-kyslotnoho skladu nasinnia soi zalezno vid dohliadu za yii posivamy [Changes in the fatty acid composition of soybean seeds depending on the care of its crops]. *Karantyn i zakhyst roslyn*, 5, 4. [in Ukrainian].
  9. Hryhorieva, O.M., Dimova, S.B., & Almaieva, T.M. (2019). Efektyvnist biopreparativ u tekhnologii vyroshchuvannya soi na chornozemi zvychnomu vazhkosuhlynkovomu Pravoberezhnoho Stepu Ukrainy [Efficiency of biologicals in the technology of soybean cultivation on chernozem ordinary heavy loam of the Right Bank Steppe of Ukraine]. *Silskohospodarska mikrobiologiya*, 29, 46–55. [in Ukrainian]. DOI: 10.35868/1997-3004.29.46-55
  10. Petrychenko, V.F., Kolisnyk, S.I., Venediktov, O.M., & Balan, M.O. (2008). Urozhainist i bilkovist sortiv soi zalezno vid pozakorenevnykh pidzhyvlen ta desykatsii v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Yield and protein content of soybean varieties depending on foliar fertilization and desiccation in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 61, 3–9. [in Ukrainian].
  11. Kushnir, M.V. (2014). Vplyv peredposivnoi obrobky nasinnia ta pozakorenevnykh pidzhyvlen na urozhainist ta yakist nasinnia suchasnykh sortiv soi [Influence of pre-sowing seed treatment and foliar fertilization on seed yield and quality of modern soybean varieties]. *Selektsiya i nasinnytstvo*, 106, 134–140. [in Ukrainian].
  12. Zadorozhnyi, V.S., & Svytko, S.M. (2018). Vplyv lystkovykh pidzhyvlen bakterialnymi dobryvamy na produktyvnist soi [Influence of foliar fertilization with bacterial fertilizers on soybean productivity]. *Kormy i kormovyrobnytstvo*, 86, 87–94. [in Ukrainian].
  13. Posylaieva, O.O., Kyrychenko, V.V., & Sheliakina, T.A. (2014). Vplyv defitsytu volohy i pidvyshchennykh temperatur na nakopychennia bilku v nasinni suchasnykh sortiv soi [Influence of moisture deficiency and elevated temperatures on protein accumulation in seeds of modern soybean varieties]. *Selektsiya i nasinnytstvo*, 105, 149–156. [in Ukrainian].
  14. Posylaieva, O.O., Kyrychenko, V.V., Ilchenko, N.K., & Chernyshenko, P.V. (2014). Nakopychennia olii v nasinni suchasnykh sortiv soi pid vplyvom defitsytu volohy i pidvyshchennykh temperatur [Accumulation of oil in the seeds of modern soybean varieties under the influence of moisture deficiency and elevated temperatures]. *Visnyk TsNZ APV Kharkivskoi oblasti*, 16, 189–196. [in Ukrainian].
  15. Riabukha, S.S., Chernyshenko, P.V., Sviatchenko, S.I., Sadovoi, O.O., & Teslia, T.O. (2019). Vplyv hidrotermichnykh chynnykiv dovkillia na urozhainist i biokhimichni sklad nasinnia soi [Influence of hydrothermal environmental factors on yield and biochemical composition of soybean seeds]. *Selektsiya i nasinnytstvo*, 115, 93–102. [in Ukrainian]. DOI: 10.30835/2413-7510.2019.172785
  16. Hutianskyi, R.A., Ohurtsov, Yu.Ie., Klymenko, I.I., & Voloshyna, S.M. (2015). Urozhaini vlastyvoli ta posivni yakosti nasinnia soi za dii suchasnykh herbicydiv [Yield properties and sowing qualities of soybean seeds under the action of modern herbicides]. *Selektsiya i nasinnytstvo*, 107, 170–176. [in Ukrainian]. DOI: 10.30835/2413-7510.2015.54052
  17. Perelik pestytsydiv i ahrokhimikativ, dozvolenykh do vykorystannia v Ukraini. (2016). [List of pesticides and agrochemicals approved for use in Ukraine]. Kyiv: TOV «Iunivest Media», 1023 p. [in Ukrainian].
  18. DSTU 4138-2002. Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti [Seeds of agricultural crops. Methods for determining quality]. [Effective from 2004-01-01]. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2003. 174 p. [in Ukrainian].
- Гутянський Р.А., Огурцов Ю.С., Шелякіна Т.А., Ільченко Н.К., Махнова Л.М., Клименко І.В., Чернобаб О.В. Вплив різних систем захисту на якість вирощеного насіння сої**
- Мета.** Встановити комплексний вплив протруйника насіння, біопрепаратів, післясходових гербіцидів, фунгіциду та регулятора росту рослин на вміст білка і олії у вирощеному насінні сої, його енергію проростання та лабораторну схожість. **Методи.** Методи: польовий, лабораторний, аналітичний та статистичний. Схема дослідження комплексного застосування хімічних препаратів (протруйник – Стандак Топ; післясходові гербіциди – Табезон, Формула, Лемур; фунгіцид – Аканто Плюс 28, регулятор росту рослин – Вермийодис, поверхнево-активна речовина – Тренд 90) і біологічних (Біокомплекс-БТУ, Фітоцид, Липосам) на сої включала 15 варіантів. Визначення вмісту білка та олії у вирощеному насінні сої проводили на приладі «Інфралюм ФТ-10», а енергії проростання та лабораторної схожості насіння – за ДСТУ 4138-2002.
- Результати.** У насінні сої, вирощеному в забур'яненні контрольних варіантах і на фоні комплексного застосування гербіцидів з іншими препаратами, сформувався вищий вміст білка порівняно з обробкою її посівів тільки гербіцидами. Найбільший вміст олії в насінні сої сформувався за використання Біокомплекс-БТУ, 1,0 л/т (обробка насіння) + Табезон, 2,0 л/га + Формула, 6 г/га + Тренд 90, 0,2 л/га (примордіальні листки) + Лемур, 1,5 л/га (2–3 трійчасті листки) + Фітоцид, 0,6 л/га (формування бобів). Захист посівів сої від бур'янів за допомогою гербіцидів сприяв зростанню збору білка й олії. Не виявлено впливу досліджуваних факторів на енергію проростання вирощеного насіння сої порівняно з абсолютним контролем (з бур'янами, без препаратів). Усі композиції препаратів сприяли збільшенню лабораторної схожості вирощеного насіння сої на 4–8% порівняно з абсолютним контролем. **Висновки.** Встановлені нами результати досліджень необхідно враховувати за розробки систем захисту посівів сої від шкідливих організмів.
- Ключові слова:** протруйник, біопрепарати, гербіциди, фунгіцид, регулятор росту рослин, білок, олія, посівні якості.

**Hutianskyi R.A., Ohurtsov Yu.Ye., Sheliakina T.A., Ilchenko N.K., Makhnova L.M., Klymenko I.V., Chernobab O.V. Influence of different protection systems on the quality of grown soybean seeds**

**Goal.** To establish the complex effect of seed pretreatment with treater, biological treatment, post-emergence herbicides, fungicide and plant growth regulator on the content of protein and oil in grown soybean seeds, its germinative energy and laboratory germinative. **Methods.** Methods were field, laboratory, analytical and statistical. The scheme of the experiment to study the integrated use of chemical preparations (treater was Standak Top; post-emergence herbicides were Tabazon, Formula, Lemur; fungicide was Acanto Plus 28, plant growth regulator was Vermiodis, surfactant Trend 90) and biological treatments (Biocomplex-BTU, Phytocide, Liposam) on soya included 15 variants. Determination of protein and oil content in grown soybean seeds was performed using the device "Infralum FT-10", and the germinative energy and laboratory germinative of seeds – according to DSTU 4138-2002. **Results.** Soybean seeds grown in weed control variants

and on the background of the integrated use of herbicides with other treatments, formed a higher protein content compared to the treatment of its crops only with herbicides. The highest oil content in soybean seeds was formed using Biocomplex-BTU, 1.0 l / t (seed pretreatment) + Tabazon, 2.0 l / ha + Formula, 6 g / ha + Trend 90, 0.2 l / ha (primordial leaves) + Lemur, 1.5 l / ha (2–3 trifoliate leaves) + Phytocide, 0.6 l / ha (bean formation). Protecting soybean crops against weeds with herbicides has helped increase protein and oil collection. The effect of the studied factors on the germination energy of grown soybean seeds was not compared to the absolute control (with weeds, without treatments). All treatment compositions contributed to an increase in laboratory germinative of grown soybean seeds by 4–8%, compared with the absolute control. **Conclusions.** The results of our research should be taken into account when developing systems to protect soybean crops against pests.

**Key words:** pesticide, biological treatments, herbicides, fungicide, plant growth regulator, protein, oil, sowing qualities.

## ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПРИ ВИРОЩУВАННІ КУКУРУДЗИ

ДАЦЬКО О.М. – аспірантка  
[orcid.org/0000-0001-9610-3087](https://orcid.org/0000-0001-9610-3087)

Сумський національний аграрний університет

ЗАХАРЧЕНКО Е.А. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
[orcid.org/0000-0002-9291-3389](https://orcid.org/0000-0002-9291-3389)

Сумський національний аграрний університет

**Постановка проблеми.** В останні роки Україна є лідером вирощування сільськогосподарської продукції. Урожайність і валовий збір багатьох культур стрімко збільшується, а площі, які зайняті культурами, постійно змінюються. Так, наприклад, за останні п'ять років (2015–2020 рр.) площі під кукурудзою на зерно (*Zea mays*) зросли на 24,3%, а під кормовою кукурудзою, навпаки, зменшилися на 13,3%. Однак урожайність кукурудзи, а відповідно і валовий збір продукції, перебувають у постійній динаміці. Для прикладу, у 2018 році середня урожайність кукурудзи на зерно по Україні сягала 78,4 ц/га (найбільший показник за проаналізований термін), а у 2017 році показник урожайності був найменший – 55,1 ц/га [1; 2]. При тому, що за стандартної вологості врожайність кукурудзи середньопізніх гібридів може досягати і 11,2 т/га [3]. Такі великі «перепади» в урожайності сільськогосподарських культур можуть бути пояснені багатьма факторами. Перш за все на урожайність впливає клімат [4–6], а точніше кількість опадів [7–10], температура [11] і ФАР [12–14], що отримує культура. Також не менш важливим є удобрення культури [15], обробіток ґрунту [16] і вчасне застосування ЗЗР.

Важливим елементом технології вирощування будь-якої сільськогосподарської культури є основний обробіток ґрунту. При вирощуванні кукурудзи необхідно створити оптимальні умови для її кореневої системи, оскільки корені цієї культури проникають в товщу ґрунту до двох метрів [17] і потребують хорошої аерації. Для обробітку ґрунту під кукурудзу застосовують як традиційні методи (оранка, культивування, фрезерування), так і новітні (Strip-till, No-till, vertical-till і т.і.). Всі вони мають свої плюси і мінуси використання під дану культуру. Традиційні методи основного обробітку ґрунту доволі енергозатратні [18], а тому потребують використання більш потужної техніки і більшої витрати палива [19; 20], що тягне за собою підвищення собівартості кінцевого продукту. З іншого боку, новітня техніка, яку потребують технології Strip-till та No-till, коштує невеликих грошей, що також може відбитися на кінцевій вартості продукту. Однак застосування цих технологій більш екологічне за рахунок підвищення вмісту органічної речовини [21; 22] і зменшення навантаження на біоту, що живе у ґрунті [23]. Під час застосування технологічної операції оранки біота ґрунту страждає за рахунок проведення обороту пласта. Це впливає на подальші процеси мінералізації і гуміфікації, які просто не можуть відбуватись, коли ґрунтова мікрофлора гине.

**Метою дослідження** є виявлення та аналіз переваги і недоліків кожного із основних обробітків ґрунту під кукурудзу в розрізі впливу на продуктивність культури.

**Результати досліджень.** *Вплив на врожайність.* Вивчення впливу обробітку ґрунту на урожайність кукурудзи досліджувалось багатьма вченими світу. Так, на чорноземах карбонатних вченими Сербії [24; 25] було виявлено перевагу традиційного обробітку ґрунту (оранка на глибину 15 см), хоча найбільш енергоефективним визначили застосування прямого посіву. Це підтверджують дані й інших вчених Східної Європи [26; 27]. Багатьма українськими вченими також було підтверджено збільшення врожайності на чорноземних ґрунтах при застосуванні оранки [28–32].

Цю гіпотезу підтверджують і дослідження вчених із Китаю, які вже на темних лісових ґрунтах вивчали звичайний і нульовий обробітки ґрунту, а також No-till в поєднанні з різними видами мульчування. Було встановлено, що нульовий обробіток є більш ефективним у порівнянні зі звичайним лише при застосуванні мульчі, оскільки, застосування No-till в порівнянні з оранкою зменшило урожайність кукурудзи на 14,8% [33]. Іншими дослідниками було запропоновано використання на темних лісових ґрунтах моделі No-till/глибокий безвідвальний ґрунту. За їхніми даними, завдяки покращенню використання ґрунтової вологи урожайність кукурудзи в порівнянні з іншими варіантами значно збільшувалась [34; 35].

Однак в Україні більшість господарств все ж використовує для вирощування кукурудзи не нульовий обробіток, а саме Strip-till. Деякими вченими з Угорщини, які проводили дослідження на карбонатному чорноземі, було зроблено висновок, що хоч стрічковий обробіток, за їхніми даними, і показав найнижчий результат врожайності, незалежно від удобрення, в порівнянні з оранкою на глибину 30 см і обробітком глибокорозпушувачем на 45 см, перепади урожаю між роками становили не більше ніж 2%. Тобто перевагою використання Strip-till є його порівняно «стабільні» врожаї, за рахунок кращого збереження вологи в ґрунті [36; 37]. А в умовах Чернігівської області в результаті порівняння впливу стрічкового обробітку ґрунту на глибину 12 і 18 см та прямого посіву на чорноземі типовому неглибокому малогумусному було зроблено висновок, що найбільший врожай був отриманий саме за використання Strip-till на глибину 18 см [38]. Не гірший результат Strip-till показав і в порівнянні з оранкою та безвідвальним обро-

бітками ґрунту на супіщаних ґрунтах у Бельгії при вирощуванні кукурудзи на силос. Однак збільшення врожайності при використанні стрічкового обробітку ґрунту було незначним, урожайність збільшилась на 4,94% при використанні Strip-till на глибину 25 см в порівнянні з безвідвальним обробітком на глибину 30 см [39].

Безумовно, правильно обраний обробіток ґрунту під культуру визначає не лише її врожайність, а й якість цього врожаю. Для кукурудзи важливим показником якості є вміст сухої речовини в зерні. Так, багатьма вченими було встановлено взаємозв'язок між певним обробітком ґрунту і цим показником; наприклад, вченими Китаю проведено дослідження на буроземі суглинковому й встановлено, що саме відвальний обробіток ґрунту на глибину 20 см найбільше вплинув на вміст сухої речовини, який, в порівнянні із нульової технологією, підвищив її кількість на 19,19% [40]. Схожі дані були отримані і пакистанськими вченими на суглинкових ґрунтах, які довели, що вміст сухої речовини в рослинах кукурудзи був значно вищий за глибокого відвального обробітку ґрунту в порівнянні з нульовою технологією [41]. Вченими з Китаю, які проводили дослідження на чорноземоподібних ґрунтах прерій і порівнювали вплив відвального і глибокого безвідвального обробітків ґрунту, було доведено, що більший вміст сухої речовини в кукурудзі був саме за глибокого безвідвального обробітку [42].

Тож можемо судити про те, що зазвичай найвища урожайність кукурудзи і найвищий вміст сухої речовини забезпечується використанням оранки або глибоким обробітком ґрунту. Однак використання саме такого обробітку може не завжди бути доцільним, оскільки ґрунт виснажується, саме для цього і використовуються такі технології, як нульовий і стрічковий обробітки, що хоч і дещо зменшують урожайність, але водночас захищають ґрунт від антропогенного навантаження. Водночас деякими дослідженнями було доведено, що стрічковий обробіток в порівнянні із нульовим покращує врожайність [43]. Також важливим фактором, що впливає на урожайність, є, звичайно, клімат, що вносить корективи у статистичні показники. А при проведенні багатофакторних дослідів розмежувати вплив того чи іншого чинника від обробітку ґрунту є досить складно. Деякі вчені навіть зазначають, що за багатофакторного дослідів вплив основного обробітку ґрунту на урожайність кукурудзи на зерно надзвичайно малий [44].

**Вплив на фізичні властивості ґрунту.** Під час вивчення впливу обробітку ґрунту на ту чи іншу культуру важливим є не лише збільшення врожайності чи підвищення якості врожаю, а і його вплив на ґрунт [45]. Так, вченими, що проводили досліди на суглинковому ґрунті (пісок 35,2%, мул 46,61%, глина 18,19%) північного Китаю, доведено, що при застосуванні обробітку на глибину 35 і 40 см не тільки підвищується урожайність кукурудзи, а й покращується структура ґрунту і запас вологи на глибині 40–60 см [46]. Іншими вченими, також північної частини Китаю, було виявлено, що найкращий показник врожайності і ефективність використання води було досягнуто при застосуванні Mini-till. Однак за детального вивчення фізичних властивостей було зро-

блено висновок, що середній вміст води в ґрунті був вищий при застосуванні No-till з мульчуванням [47]. Ще одним дослідженням, що проводилося у тому ж регіоні, було підтверджено, що консервативний обробіток ґрунту значно впливає на об'ємну щільність ґрунту, його температуру та вміст води. При застосуванні нульового і мінімального обробітків урожайність кукурудзи падала через низьку температуру ґрунту та більший вміст води, що призводило до затримки її росту навесні [48].

Дослідженнями, що були проведені на території Польщі на супіщаних ґрунтах Luvisol, порівнювались три види обробітку ґрунту (Strip-till в один прохід, відвальний і мінімальний обробітки), що показали значну перевагу Strip-till в один прохід над іншими обробітками ґрунту. Зокрема, в ґрунті, на якому застосовується Strip-till налічувалося більше дощових черв'яків й мікроорганізмів, а також вміст доступного фосфору і калію, що й відобразилось і на урожайності культур, що вирощувались (озима пшениця і озимий ріпак) [49]. Встановлено, що індекс стійкості агрегатів 0,25–2,00 мм при застосуванні однопрохідного стрічкового обробітку був значно вищим за обробіток плугом, а для агрегатів 2,00–10,00 мм був більш стабільним, ніж за оранки чи мінімального обробітку ґрунту [50]. В умовах Лівобережного Лісостепу за тривалих досліджень встановлено кращий структурно-агрегатний склад за безвідвального обробітку – плоскорізного та мінімального без значущої різниці впливу на урожайність культур [51]. Однак деякі вчені вважають, що саме за мінімальної дії на ґрунт покращуються його фізичні властивості [52], причому при мінімізації турбування ґрунту суттєво економляться паливно-мастильні матеріали порівняно з відвальним обробітком.

**Висновки.** Виходячи з проаналізованої літератури, потрібно констатувати, що на параметри структурно-агрегатного складу, фізичні показники, біологічну активність ґрунту впливає певний обробіток і його глибина. На врожайність та якість основної та побічної продукції кукурудзи найпозитивніше впливає глибокий обробіток ґрунту, в той час як на фізичні властивості ґрунту найбільш позитивний вплив має саме безвідвальний. При використанні no-till та великої кількості мульчі попередника навесні може бути уповільнена поява сходів, що у північних, достатньо вологозабезпечених регіонах може привести до зниження рівня урожайності. Тому при обранні основного обробітку ґрунту потрібно виходити, перш за все, з ґрунтово-кліматичних умов поля, з повним аналізом метеоданих попередніх років та матеріально-ресурсного забезпечення господарства.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Статистичний збірник «Сільське господарство України» за 2017 рік / за ред. О.М. Прокопенко ; Державна служба статистики України. Київ, 2018. 245с.
2. Статистичний збірник «Сільське господарство України» за 2020 рік / за ред. О.М. Прокопенко ; Державна служба статистики України. Київ, 2021. 230с.
3. Собко М.Г., Бутенко А.О., Філоненко А.А., Кравець В.В. Шляхи зростання ефективності виробництва зерна кукурудзи. Editorial board, 2022. 28 с.
4. Neupane, D., Adhikari, P., Bhattarai, D., Rana, B., Ahmed, Z., Sharma, U., & Adhikari, D. Does Climate

- Change Affect the Yield of the Top Three Cereals and Food Security in the World? *Earth*, 2022. 3(1). 45–71. URL: <https://doi.org/10.3390/earth3010004>.
5. Gao, Y., Zhang, A., Yue, Y., Wang, J., & Su, P. Predicting Shifts in Land Suitability for Maize Cultivation Worldwide Due to Climate Change: A Modeling Approach. *Land*, 2021. 10(3). 295. URL: <https://doi.org/10.3390/land10030295>.
  6. Wu, J. Z., Zhang, J., Ge, Z. M., Xing, L. W., Han, S. Q., Chen, S. H. E. N., Kong, F. T. Impact of climate change on maize yield in China from 1979 to 2016. *Journal of Integrative Agriculture*, 2021. 20(1), 289–299. URL: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63244-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63244-0).
  7. Song, Y., Tian, J., Linderholm, H.W., Wang, C., Ou, Z., & Chen, D. The contributions of climate change and production area expansion to drought risk for maize in China over the last four decades. *International Journal of Climatology*, 2021. 41, E2851–E2862. URL: <https://doi.org/10.1002/joc.6885>.
  8. Kim, M., & Sung, K. Assessment of causality between climate variables and production for whole crop maize using structural equation modeling. *Journal of Animal Science and Technology*, 2021. 63(2), 339–353. URL: <https://doi.org/10.5187/jast.2021.e36>.
  9. Maitah, M., Malec, K., & Maitah, K. Influence of precipitation and temperature on maize production in the Czech Republic from 2002 to 2019. *Sci Rep*, 2021. 11, 10467. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89962-2>.
  10. El-Sanatawy, A.M., El-Kholy, A.S.M., Ali, M.M.A., Awad, M.F., & Mansour, E. Maize Seedling Establishment, Grain Yield and Crop Water Productivity Response to Seed Priming and Irrigation Management in a Mediterranean Arid Environment. *Agronomy*, 2021. 11(4), 756. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy11040756>.
  11. Xiang, N., Hu, J., Wen, T., Brennan, M. A., Brennan, C. S., & Guo, X. Effects of temperature stress on the accumulation of ascorbic acid and folates in sweet corn (*Zea mays* L.) seedlings. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2020. 100(4), 1694–1701.
  12. Du, X., Wang, Z., Lei, W., & Kong, L. Increased planting density combined with reduced nitrogen rate to achieve high yield in maize. *Sci Rep*, 2021. 11(1), 358. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79633-z>.
  13. Yang, Y.S., Guo, X.X., Liu, H.F., Liu, G.Z., Liu, W.M., Ming, B., Xie, R.Z., Wang, K.R., Hou, P., & Li, S.K. The effect of solar radiation change on the maize yield gap from the perspectives of dry matter accumulation and distribution. *Journal of Integrative Agriculture*, 2021. 20(2), 482–493. URL: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63581-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63581-X).
  14. Guo, X., Yang, Y., Liu, H., Liu, G., Liu, W., Wang, Y., Zhao, R., Ming, B., Xie, R., Wang, K., Hou, P., Xiao, C., & Li, S. Effects of solar radiation on root and shoot growth of maize and the quantitative relationship between them. *Crop Science*, 2021. 61(2), 1414–1425. URL: <https://doi.org/10.1002/csc2.20416>.
  15. Li, G. H., Cheng, Q., Long, L.I., Lu, D.L., & Lu, W.P. N, P and K use efficiency and maize yield responses to fertilization modes and densities. *Journal of Integrative Agriculture*, 2021. 20(1), 78–86. URL: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63214-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63214-2).
  16. Gotosa, J., Kodzwa, J., Gwenzi, W., & Nyamangara, J. Maize nitrogen uptake and productivity under reduced and conventional tillage. *Nutr Cycl Agroecosyst*, 2021. 119(1), 23–36. URL: <https://doi.org/10.1007/s10705-020-10104-7>.
  17. Вольвач, В. О., Толмачова, А. В., & Колосовська, В. В. Методичні вказівки до лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Біологія» на тему: «Морфологія та анатомія рослин. Частина 1. Корінь, стебло, квітка» для студентів першого року навчання денної та заочної форми за спеціальністю 101 «Екологія», рівень вищої освіти «бакалавр». Одеса, ОДЕКУ, 2020 р. 50 с.
  18. Moitzi, G., Schueller, M., Szalay, T., Wagentristl, H., Refenner, K., Weingartmann, H., Boxberger, J., & Gronauer, A. Energy Consumption and Energy Efficiency of Different Tillage Systems in the Semi-Arid Region of Austria. *Agriculture Engineering*, 2013. 4, 25–33.
  19. Mileusnić, Z.I., Petrović, D.V., & Đević, M.S. Comparison of tillage systems according to fuel consumption. *Energy*, 2010. 35(1), 221–228. URL: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.09.012>.
  20. Akbarnia, A., & Farhani, F. Study of fuel consumption in three tillage methods. *Research in Agricultural Engineering*, 2014. 60(4), 142–147.
  21. Rusu, T. Energy efficiency and soil conservation in conventional, minimum tillage and no-tillage. *International Soil and Water Conservation Research*, 2014. 2(4), 42–49. URL: [https://doi.org/10.1016/S2095-6339\(15\)30057-5](https://doi.org/10.1016/S2095-6339(15)30057-5).
  22. Moraru, P.I., & Rusu, T. No-tillage and minimum tillage systems with reduced energy consumption and soil conservation in the hilly areas of Romania. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 2013. 11(2), 1227–1231.
  23. Delitte, M., Caulier, S., Bragard, C., & Desoignies, N. Plant Microbiota Beyond Farming Practices: A Review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2021. 5, 66. URL: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.624203>.
  24. Momirović, N., Dolijanović, Ž., Oljač, M. V., & Videnovi, Ž. Long term effects of different tillage systems influencing yield and energy efficiency in maize (*Zea mays* L.). *Poljoprivredna tehnika*, 2011. 36(1), 97–104.
  25. Videnović, Ž., Simić, M., Srdić, J., & Dumanović, Z. Long term effects of different soil tillage systems on maize (*Zea mays* L.) yields. *Plant, Soil and Environment*, 2011. 57(4), 186–192. URL: <https://doi.org/10.17221/443/2010-PSE>.
  26. Simić, M., Dragičević, V., Mladenović Drinić, S., Vukadinović, J., Kresović, B., Tabaković, M., & Brankov, M. The contribution of soil tillage and nitrogen rate to the quality of maize grain. *Agronomy*, 2020. 10(7), 976. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy10070976>.
  27. Burtan, L., Țopa, D., Jităreanu, G., Calistru, A.E., Răus, L., Cara, I.G., Sîrbu, C., & Cioroianu, T. The influence of conservative tillage systems on physico-chemical properties and yield under a cambic chernozem from northeastern part of Romania. *Romanian agricultural research*, 2020. 37, 141–149.
  28. Коваленко І.М., Масик І.М. Вплив технології вирощування кукурудзи на зерно на урожайність та економічну ефективність в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Таєрійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2018. № 99. С. 67–76.



29. Масик І.М., Захарченко Е.А. Продуктивність та економічна ефективність вирощування кукурудзи на зерно за різних систем основного обробітку ґрунту в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Харківського національного аграрного університету імені В.В. Докучаєва. Серія: Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів*, 2017. № 1. С. 146–154.
30. Масик І.М., Коплик Т.С., Поріз О.Є., Попко В.П., Надольний Р.Г. Деякі технологічні аспекти вирощування кукурудзи на зерно в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Education and science of today: intersectoral issues and development of sciences*, 2021. № 2. С. 16–18. URL: <https://doi.org/10.36074/logos-19.03.2021.v2.03>.
31. Тараненко С.В., Чайка Т.О., Тюпка Я.М. Агроекономічна ефективність різних способів основного обробітку ґрунту на посівах кукурудзи. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 4. С. 66–72. URL: <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.04.08>.
32. Маслійов С.В., Маслійов Є.С., Циганкова Н.А., Рудаков В.С. Ріст, розвиток і врожайність цукрової кукурудзи залежно від видів основного обробітку ґрунту. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. № 2020(4). С. 53–60. URL: <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.04.06>.
33. Dai, Z., Hu, J., Fan, J., Fu, W., Wang, H., & Hao, M. (2021). No-tillage with mulching improves maize yield in dryland farming through regulating soil temperature, water and nitrate-N. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 309, 107288. URL: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107288>.
34. Li, S., Wu, X., Liang, G., Gao, L., Wang, B., Lu, J., Abdelrhman, A. A., Song, X., Zhang, M., Zheng, F., & Degré, A. Is least limiting water range a useful indicator of the impact of tillage management on maize yield? *Soil and Tillage Research*, 2020. 199, 104602. URL: <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104602>.
35. Liu, D., Zhang, X., & Wang, X. Effects of different tillage patterns on soil properties, maize yield and water use efficiency in Weibei Highland, China. *The Journal of Applied Ecology*, 2018. 29(2), 573–582. URL: <https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.201802.023>.
36. Bramdeo, K., & Rátonyi, T. Effect and interaction of crop management factors and crop year on the yield of maize (*Zea mays* L.). *Acta Agraria Debreceniensis*, 2020. 2, 31–41. <https://doi.org/10.34101/ACTAAGRAR/2/7406>.
37. Bramdeo, K., & Rátonyi, T. Effect of tillage and fertiliser treatments on yield of maize (*Zea mays* L.) hybrids. *Columella: journal of agricultural and environmental sciences*, 2020. 7(1), 57–65. doi.org/10.18380/SZIE.COLUM.2020.7.1.57.
38. Давиденко Г.А. Порівняльна оцінка технологій прямого висіву і стрип-тіллу при вирощуванні кукурудзи на зерно в умовах СТОВ Дружба-Нова Варвинського району Чернігівської області. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія*. 2017. № 9. С. 32–38.
39. Vanden Nest, T., & Ruyschaert, G. Strip-till for maize in sandy loam soils: Importance of tillage depth, preceding cover crops and fertilization technique. In H. Boizard, & J. Roger-Estrade (Eds.). *Proceedings of the 21th ISTRO International Conference*. 2018. С. 66–67.
40. Shen, Y., Zhang, T., Cui, J., Chen, S., Han, H., & Ning, T. Subsoiling increases aggregate-associated organic carbon, dry matter, and maize yield on the North China Plain. *PeerJ*, 2021. 9, e11099. URL: <https://doi.org/10.7717/peerj.11099>.
41. Memon, S. Q., Mirjat, M. S., Mughal, A. Q., & Amjad, N. Effects of different tillage and fertilizer treatments on growth and yield components of maize. *Pak. J. Agri., Agril. Engg., Vet. Sci.*, 2012. 28(2), 160–176.
42. Feng, X., Hao, Y., Latifmanesh, H., Lal, R., Cao, T., Guo, J., Deng, A., Song, Z., & Zhang, W. Effects of subsoiling tillage on soil properties, maize root distribution, and grain yield on mollisols of Northeastern China. *Agronomy Journal*, 2018. 110(4), 1607–1615. URL: <https://doi.org/10.2134/agronj2018.01.0027>.
43. Potratz, D.J., Mourtzinis, S., Gaska, J., Lauer, J., Arriaga, F.J., & Conley, S.P. Strip-till, other management strategies, and their interactive effects on corn grain and soybean seed yield. *Agronomy Journal*, 2020. 112(1), 72–80. URL: <https://doi.org/10.1002/AGJ2.20067>.
44. Todorova, N., & Stratieva, S. Effect of Irrigation, Fertilization, Soil Tillage and Some Other Factors on Maize Yield. *Proceeding of BALWOIS 2008 Conference on Water Observation and Information System for Decision Support. Ohrid, Republic of Macedonia*, 2008. 27–31.
45. Zakharchenko, E.A., & Mishchenko, Y.H. (2017). Impact of different tillage practices and green manure on physical properties of Chernozem soil. *Degradation and revitalization of soil and landscape : proceedings : International conference, (10-13 September 2017). Czech Republic : Palacky University in Olomouc*, 51.
46. Wang, S., Guo, L., Zhou, P., Wang, X., Shen, Y., Han, H., Ning, T., & Han, K. Effect of subsoiling depth on soil physical properties and summer maize (*Zea mays* L.) yield. *Plant, Soil and Environment*, 2019. 65, 131–137. URL: <https://doi.org/10.17221/703/2018-PSE>.
47. Li, J., Wang, Y., Guo, Z., Li, J., Tian, C., Hua, D., Shi, C., Wang, H., Han, J., & Xu, Y. Effects of Conservation Tillage on Soil Physicochemical Properties and Crop Yield in an Arid Loess Plateau, China. *Sci Rep*, 2020. 10, 4716. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61650-7>.
48. Wang, H., Wang, L., Gao, W., & Ren, T. Temporal Changes of Soil Physical Properties in Maize Growing Season as Affected by Long-term Tillage Treatments in Northeast China. *Proceedings of the 21th ISTRO International Conference*, 2018. 68–69.
49. Jaskulska, I., Romanekas, K., Jaskulski, D., & Wojewódzki, P. A Strip-Till One-Pass System as a Component of Conservation Agriculture. *Agronomy*, 2020. 10(12), 2015. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy10122015>.
50. Jaskulska, I., Romanekas, K., Jaskulski, D., Gałęzowski, L., Breza-Boruta, B., Dębska, B., & Lemanowicz, J. Soil properties after eight years of the use of strip-till one-pass technology. *Agronomy*, 2020. 10(10), 1596. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy10101596>.
51. Захарченко Е.А., Дацько О.М. Вміст легкогідролізованого азоту та структурність ґрунту за різних способів основного обробітку ґрунту. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: «Агрономія і біологія»*. 2018. № 9(36). С. 119–124.

52. Alori, E.T., Adekiya, A. O., & Adegbite, K.A. Impact of Agricultural Practices on Soil Health. In A. Varma & B. Giri (Eds.), *Soil Health*. 2020. 89–98. Springer International Publishing. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-44364-1>.

## REFERENCES:

1. Statystychnyi zbirnyk "Silske hospodarstvo Ukrainy" za 2017 (O. M. Prokopenko redaktor). (2018). [The Statistical Yearbook "Agriculture of Ukraine" for 2017]. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. 245. [in Ukrainian].
2. Statystychnyi zbirnyk "Silske hospodarstvo Ukrainy" za 2020 (O. M. Prokopenko redaktor). (2021). [The Statistical Yearbook "Agriculture of Ukraine" for 2020]. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. 230. [in Ukrainian].
3. Sobko, M. H., Butenko, A. O., Filonenko, A. A., & Kravets, V. V. (2022). Shliakhy zrostantia efektyvnosti vyrobnytstva zerna kukurudzy. [Ways to increase the efficiency of maize grain production]. Editorial board, 28. [in Ukrainian].
4. Neupane, D., Adhikari, P., Bhattarai, D., Rana, B., Ahmed, Z., Sharma, U. & Adhikari, D. (2022). Does Climate Change Affect the Yield of the Top Three Cereals and Food Security in the World? *Earth*, 3(1), 45-71. <https://doi.org/10.3390/earth3010004>
5. Gao, Y., Zhang, A., Yue, Y., Wang, J., & Su, P. (2021). Predicting Shifts in Land Suitability for Maize Cultivation Worldwide Due to Climate Change: A Modeling Approach. *Land*, 10(3), 295. <https://doi.org/10.3390/land10030295>
6. Wu, J. Z., Zhang, J., Ge, Z. M., Xing, L. W., Han, S. Q., Chen, S. H. E. N., & Kong, F. T. (2021). Impact of climate change on maize yield in China from 1979 to 2016. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(1), 289-299. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63244-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63244-0)
7. Song, Y., Tian, J., Linderholm, H.W., Wang, C., Ou, Z., & Chen, D. (2021). The contributions of climate change and production area expansion to drought risk for maize in China over the last four decades. *International Journal of Climatology*, 41, E2851-E2862. <https://doi.org/10.1002/joc.6885>
8. Kim, M., & Sung, K. (2021). Assessment of causality between climate variables and production for whole crop maize using structural equation modeling. *Journal of Animal Science and Technology*, 63(2), 339-353. <https://doi.org/10.5187/jast.2021.e36>
9. Maitah, M., Malec, K., & Maitah, K. (2021). Influence of precipitation and temperature on maize production in the Czech Republic from 2002 to 2019. *Sci. Rep.*, 11, 10467. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89962-2>
10. El-Sanatawy, A.M., El-Kholy, A.S.M., Ali, M.M.A., Awad, M.F., & Mansour, E. (2021). Maize Seedling Establishment, Grain Yield and Crop Water Productivity Response to Seed Priming and Irrigation Management in a Mediterranean Arid Environment. *Agronomy*, 11(4), 756. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040756>
11. Xiang, N., Hu, J., Wen, T., Brennan, M. A., Brennan, C. S., & Guo, X. (2020). Effects of temperature stress on the accumulation of ascorbic acid and folates in sweet corn (*Zea mays* L.) seedlings. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(4), 1694-1701.
12. Du, X., Wang, Z., Lei, W., & Kong, L. (2021). Increased planting density combined with reduced nitrogen rate to achieve high yield in maize. *Sci Rep*, 11(1), 358. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79633-z>
13. Yang, Y.S., Guo, X.X., Liu, H.F., Liu, G.Z., Liu, W.M., Ming, B., Xie, R.Z., Wang, K.R., Hou, P., & Li, S.K. (2021). The effect of solar radiation change on the maize yield gap from the perspectives of dry matter accumulation and distribution. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(2), 482-493. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63581-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63581-X)
14. Guo, X., Yang, Y., Liu, H., Liu, G., Liu, W., Wang, Y., Zhao, R., Ming, B., Xie, R., Wang, K., Hou, P., Xiao, C., & Li, S. (2021). Effects of solar radiation on root and shoot growth of maize and the quantitative relationship between them. *Crop Science*, 61(2), 1414-1425. <https://doi.org/10.1002/csc2.20416>
15. Li, G. H., Cheng, Q., Long, L.I., Lu, D.L., & Lu, W.P. (2021). N, P and K use efficiency and maize yield responses to fertilization modes and densities. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(1), 78-86. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63214-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63214-2)
16. Gotosa, J., Kodzwa, J., Gwenzi, W., & Nyamangara, J. (2021). Maize nitrogen uptake and productivity under reduced and conventional tillage. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 119(1), 23–36. <https://doi.org/10.1007/s10705-020-10104-7>
17. Volvach, V. O., Tolmachova, A. V., & Kolosovska, V. V. (2020). Metodichni vkazivky do laboratornykh robit z navchalnoi dystsypliny "Biologhiia" na temu: «Morfologhiia ta anatomiiia roslin. Chastyna 1. Korin, steblo, kvitka» dlia bakalavriv dennoi ta zaochnoi form navchannia Spetsialnosti – 101 «Ekologhiia» [Methodical instructions for laboratory work in the discipline "Biology" on the topic: "Morphology and anatomy of plants. Part 1. Root, stem, flower "for students of the first year of full-time and part-time study in the specialty 101" Ecology ", the level of higher education" Bachelor "]. Odesa, ODEKU. 50.[in Ukrainian].
18. Moitzi, G., Schueller, M., Szalay, T., Wagentristl, H., Refenner, K., Weingartmann, H., Boxberger, J., & Gronauer, A. (2013). Energy Consumption and Energy Efficiency of Different Tillage Systems in the Semi-Arid Region of Austria. *Agriculture Engineering*, 4, 25-33.
19. Mileusnić, Z.I., Petrović, D.V., & Đević, M.S. (2010). Comparison of tillage systems according to fuel consumption. *Energy*, 35(1), 221-228. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2009.09.012>
20. Akbaria, A., & Farhani, F. (2014). Study of fuel consumption in three tillage methods. *Research in Agricultural Engineering*, 60(4), 142–147.
21. Rusu, T. (2014). Energy efficiency and soil conservation in conventional, minimum tillage and no-tillage. *International Soil and Water Conservation Research*, 2(4), 42-49. [https://doi.org/10.1016/S2095-6339\(15\)30057-5](https://doi.org/10.1016/S2095-6339(15)30057-5)
22. Moraru, P.I., & Rusu, T. (2013). No-tillage and minimum tillage systems with reduced energy consumption and soil conservation in the hilly areas of Romania. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11(2), 1227-1231.
23. Delitte, M., Caulier, S., Bragard, C., & Desoignies, N. (2021). Plant Microbiota Beyond Farming Practices: A Review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 66. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.624203>

24. Momirović, N., Dolijanović, Ž., Oljač, M. V., & Videnović, Ž. (2011). Long term effects of different tillage systems influencing yield and energy efficiency in maize (*Zea mays* L.). *Poljoprivredna tehnika*, 36(1), 97-104. [in Serbian].
25. Videnović, Ž., Simić, M., Srdić, J., & Dumanović, Z. (2011). Long term effects of different soil tillage systems on maize (*Zea mays* L.) yields. *Plant, Soil and Environment*, 57(4), 186-192. <https://doi.org/10.17221/443/2010-PSE>
26. Simić, M., Dragičević, V., Mladenović Drinić, S., Vukadinović, J., Kresović, B., Tabaković, M., & Brankov, M. (2020). The contribution of soil tillage and nitrogen rate to the quality of maize grain. *Agronomy*, 10(7), 976. <https://doi.org/10.3390/agronomy10070976>
27. Burtan, L., Țopa, D., Jitoreanu, G., Calistru, A.E., Răus, L., Cara, I.G., Sîrbu, C., & Cioroianu, T. (2020). The influence of conservative tillage systems on physico-chemical properties and yield under a cambic chernozem from northeastern part of Romania. *Romanian agricultural research*, 37, 141-149.
28. Kovalenko, I. M., & Masik, I. M. (2018). Vplyv tekhnologii vyroshchuvannya kukurudzy na zerno na urozhainist ta ekonomichnu efektyvnist v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Influence of technology of growing of corn on grain on the productivity and economic efficiency in the conditions of Left-bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk : naukovyi zhurnal. – Ser. «Silskohospodarski nauky»*, 99, 67-76 [in Ukrainian].
29. Masik, I. M., Koplik, T. S., Rogiz, O. Y., Popko, V. P., & Nadolny, R. G. (2021, March 19). Deiaki tekhnologichni aspekty vyroshchuvannya kukurudzy na zerno v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Some technological aspects of growing grain corn in the conditions of the left bank Forest Steppe of Ukraine]. *Education and science of today: intersectoral issues and development of sciences*, 2, 16-18. <https://doi.org/10.36074/logos-19.03.2021.v2.03> [in Ukrainian].
30. Masik, I. M., & Zakharchenko, E. A. (2017). Produktivnist ta ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannya kukurudzy na zerno za riznykh system osnovnoho obrobittu gruntu v umovakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Productivity and economic efficiency of corn cultivation for grain under different systems of basic cultivation of soil in the conditionsof the left bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu imeni VV Dokuchaieva. Seriya: Gruntoznavstvo, ahrokhimiia, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo, ekolohiia gruntiv*, 1, 146-154 [in Ukrainian].
31. Taranenko, S. V., Chaika, T. O., & Tiupka, Y. M. (2019). Ahroekonomichna efektyvnist riznykh sposobiv osnovnoho obrobittu gruntu na posivakh kukurudzy [Agro-economic efficiency of different basic soil tillage methods on maize areas]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, (4), 66-72. <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.04.08> [in Ukrainian].
32. Masliiov, S. V., Masliiov, Y. S., Tsygankova, N. A., & Rudakov, V. S. (2020). Rist, rozvytok i vrozhaunist tsukrovvoi kukurudzy zalezno vid vydiv osnovnoho obrobittu gruntu [Growth, development and yield of sweet corn depending on the types of basic tillage]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, (4), 53-60. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.04.06> [in Ukrainian].
33. Dai, Z., Hu, J., Fan, J., Fu, W., Wang, H., & Hao, M. (2021). No-tillage with mulching improves maize yield in dryland farming through regulating soil temperature, water and nitrate-N. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 309, 107288. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107288>
34. Li, S., Wu, X., Liang, G., Gao, L., Wang, B., Lu, J., Abdelrhman, A. A., Song, X., Zhang, M., Zheng, F., & Degre, A. (2020). Is least limiting water range a useful indicator of the impact of tillage management on maize yield? *Soil and Tillage Research*, 199, 104602. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104602>
35. Liu, D., Zhang, X., & Wang, X. (2018). Effects of different tillage patterns on soil properties, maize yield and water use efficiency in Weibei Highland, China. *The Journal of Applied Ecology*, 29(2), 573-582. <https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.201802.023>
36. Bramdeo, K., & Rátónyi, T. (2020). Effect and interaction of crop management factors and crop year on the yield of maize (*Zea mays* L.). *Acta Agraria Debreceniensis*, 2, 31-41. <https://doi.org/10.34101/ACTAAGRAR/2/7406>
37. Bramdeo, K., & Rátónyi, T. (2020). Effect of tillage and fertiliser treatments on yield of maize (*Zea mays* L.) hybrids. *Columella: Journal of agricultural and environmental sciences*, 7(1), 57-65. [doi.org/10.18380/SZIE.COLUM.2020.7.1.57](https://doi.org/10.18380/SZIE.COLUM.2020.7.1.57)
38. Davydenko, G. A. (2017). Porivnialna otsinka tekhnologii priamoho vysivu i stryp-tillu pry vyroshchuvanni kukurudzy na zerno v umovakh STOV Druzhba-Nova Varvynskoho raionu Chernihivskoi oblasti [Comparative evaluation of No-till and Strip-till technologies in the growing of corn on farm "Druzhba-Nova" Varva district, Chernihiv region]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya: Ahronomiia i biolohiia*, (9), 32-38 [in Ukrainian].
39. Vanden Nest, T., & Ruyschaert, G. (2018). Strip-till for maize in sandy loam soils: Importance of tillage depth, preceding cover crops and fertilization technique. In H. Boizard, & J. Roger-Estrade (Eds.). *Proceedings of the 21th ISTRO International Conference*, 66-67.
40. Shen, Y., Zhang, T., Cui, J., Chen, S., Han, H., & Ning, T. (2021). Subsoiling increases aggregate-associated organic carbon, dry matter, and maize yield on the North China Plain. *PeerJ*, 9, e11099. <https://doi.org/10.7717/peerj.11099>
41. Memon, S. Q., Mirjat, M. S., Mughal, A. Q., & Amjad, N. (2012). Effects of different tillage and fertilizer treatments on growth and yield components of maize. *Pak. J. Agri., Agril. Engg., Vet. Sci*, 28(2), 160-176.
42. Feng, X., Hao, Y., Latifmanesh, H., Lal, R., Cao, T., Guo, J., Deng, A., Song, Z., & Zhang, W. (2018). Effects of subsoiling tillage on soil properties, maize root distribution, and grain yield on mollisols of Northeastern China. *Agronomy Journal*, 110(4), 1607-1615. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.01.0027>
43. Potratz, D.J., Mourtzinis, S., Gaska, J., Lauer, J., Arriaga, F.J., & Conley, S.P. (2020). Strip-till, other management strategies, and their interactive effects on corn grain and soybean seed yield. *Agronomy Journal*, 112(1), 72-80. <https://doi.org/10.1002/AGJ2.20067>
44. Todorova, N., & Stratieva, S. (2008). Effect of Irrigation, Fertilization, Soil Tillage and Some Other Factors on Maize Yield. *Proceeding of BALWOIS 2008 Conference on Water Observation and Information System for Decision Support*. Ohrid, Republic of Macedonia, 27-31.

45. Zakharchenko, E. A., & Mishchenko, Y.H. (2017). Impact of different tillage practices and green manure on physical properties of Chernozem soil. Degradation and revitalization of soil and landscape : proceedings : International conference, (10-13 September 2017). Czech Republic : Palacky University in Olomouc, 51.
46. Wang, S., Guo, L., Zhou, P., Wang, X., Shen, Y., Han, H., Ning, T., & Han, K. (2019). Effect of subsoiling depth on soil physical properties and summer maize (*Zea mays* L.) yield. *Plant, Soil and Environment*, 65, 131-137. <https://doi.org/10.17221/703/2018-PSE>
47. Li, J., Wang, Y., Guo, Z., Li, J., Tian, C., Hua, D., Shi, C., Wang, H., Han, J., & Xu, Y. (2020). Effects of Conservation Tillage on Soil Physicochemical Properties and Crop Yield in an Arid Loess Plateau, China. *Sci Rep*, 10, 4716. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61650-7>
48. Wang, H., Wang, L., Gao, W., & Ren, T. (2018). Temporal Changes of Soil Physical Properties in Maize Growing Season as Affected by Long-term Tillage Treatments in Northeast China. *Proceedings of the 21th ISTRO International Conference*, 68-69.
49. Jaskulska, I., Romanekas, K., Jaskulski, D., Gałęzowski, L., Breza-Boruta, B., Dębska, B., & Lemanowicz, J. (2020). Soil properties after eight years of the use of strip-till one-pass technology. *Agronomy*, 10(10), 1596. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101596>
50. Jaskulska, I., Romanekas, K., Jaskulski, D., & Wojewódzki, P. (2020). A Strip-Till One-Pass System as a Component of Conservation Agriculture. *Agronomy*, 10(12), 2015. <https://doi.org/10.3390/agronomy10122015>
51. Zakharchenko E. A., Datsko O. M. (2018). Vmist lehkohidrolizovanoho azotu ta strukturnist hruntu za riznykh sposobiv osnovnogo obrobittu hruntu [Content of hydrolyzed nitrogen and soil structure under different methods of tillage]. *Visnyk Sumskoho natsionalnogo ahrarnoho universytetu. Seriya: Ahronomiia i biolohiia*, 9 (36), 119-124 [in Ukrainian].
52. Alori, E.T., Adekiya, A. O., & Adegbite, K.A. (2020). Impact of Agricultural Practices on Soil Health. In A. Varma & B. Giri (Eds.), *Soil Health*, Springer International Publishing, 89-98. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-44364-1>

**Дацько О.М., Захарченко Е.А. Особливості впливу основного обробітку ґрунту при вирощуванні кукурудзи**

Україна за останні роки все більше нарощує своє лідерство серед експорту сільськогосподарських культур, зокрема і кукурудзи, на зерно. Так, за останні п'ять років (2015–2020) площі, на яких вирощується культура, щороку зростали, однак врожайність постійно варіювала. Хоча головними чинниками, що впливають на врожайність, є агрокліматичні умови, удобрення і своєчасне застосування засобів захисту рослин, однак основний обробіток ґрунту також відіграє важливу роль. Серед найпопулярніших в Україні способів обробітку ґрунту є оранка, Strip-till і No-till, однак звичайно практикуються і інші. Кожен із них має свої переваги і недоліки.

Оскільки вибір того чи іншого обробітку ґрунту безпосередньо впливає на урожайність і на якість продукції, що вирощується. Тому **метою статті** є виявлення сильних і слабких сторін обробітків ґрунту з огляду на вплив на урожайність культури, вміст сухої речовини у рослинах, а також вплив на фізичні властивості ґрунту за літературними даними вчених світу. **Результати.** У статті висвітлюється позитивний вплив традиційних (відвальних) технологій обробітку на урожайність кукурудзи і вміст сухої речовини в рослинах. Однак дані з приводу впливу на фізичні властивості ґрунту є доволі суперечливими. Залежно ґрунту, кліматичних умов, удобрення та ін. вплив обробітку на фізичні властивості ґрунту доволі сильно варіює. Особливо добре це питання досліджено вченими з Китаю. **Висновки.** Неможливо однозначно виділити обробіток ґрунту, який був би ідеальним для вирощування кукурудзи на зерно на чорноземних ґрунтах. Однак деякі дослідники вважають, що найкраще на фізичні властивості ґрунту впливає саме мінімальний обробіток. Кожен із обробітків впливає на проаналізовані параметри по-своєму. Тому кожне господарство повинно обирати основний обробіток ґрунту під кукурудзу за кінцевим результатом, що воно прагне отримати.

**Ключові слова:** *Zea mays*, оранка, Strip-till, No-till, урожайність, обробіток.

**Datsko O.M., Zakharchenko E.A. The characteristics of tillage methods under maize cultivation**

In recent years, Ukraine has increasingly increased its leadership in the export of agricultural crops, including grain corn. Thus, for the last five years (2015–2020) the area under cultivation has been growing every year, but the yield has been constantly varying. Although the main factors influencing yields are agro-climatic conditions, fertilizers and timely application of plant protection products, however, the soil tillage also plays an important role. Among the most popular methods of tillage in Ukraine are plowing, Strip-till and No-till, however, others are usually practiced. Each of them has its advantages and disadvantages. Because the choice of a particular tillage directly affects the yield and quality of products grown. Therefore, **the aim of this article** is to identify the strengths and weaknesses of tillage in terms of the impact on crop yields, dry matter content in plants, as well as the impact on the physical properties of the soil using scientific literature around the world. **Results.** The positive influence of traditional (plowing) tillage technologies on corn yield and dry matter content in plants is highlighted. However, data on the impact on the physical properties of the soil are quite contradictory. Depending on the soil, climatic conditions, fertilizers, etc. the effect of tillage on the physical properties of the soil varies considerably. This question has been particularly well studied by Chinese scientists. Therefore, it is impossible to unambiguously identify tillage that would be ideal for growing grain corn. However, some researchers believe that the physical properties of the soil are best influenced by minimal tillage. Each of the treatments affects the analyzed parameters in its own way. Therefore, each farm should choose the main tillage for corn based on the end result it seeks to obtain.

**Key words:** *Zea mays*, plowing, Strip-till, No-till, yield, tillage.

## УРОЖАЙНІСТЬ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) ЗАЛЕЖНО ВІД ІНОКУЛЯЦІЇ ТА УДОБРЕННЯ В УМОВАХ ЗАКАРПАТТЯ УКРАЇНИ

**ДОКТОР Н.М.** – кандидат сільськогосподарських наук  
[orcid.org/0000-0002-8887-898X](https://orcid.org/0000-0002-8887-898X)

Відокремлений структурний підрозділ «Мукачівський фаховий коледж  
Національного університету біоресурсів і природокористування України»

**НОВИЦЬКА Н.В.** – доктор сільськогосподарських наук, доцент  
[orcid.org/0000-0002-7645-4151](https://orcid.org/0000-0002-7645-4151)

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**КОРМОШ С.М.** – доктор сільськогосподарських наук  
[orcid.org/0000-0002-1694-8280](https://orcid.org/0000-0002-1694-8280)

Закарпатська державна сільськогосподарська дослідна станція

Національної академії аграрних наук України

**ПИЛИПЕНКО В.С.** – кандидат сільськогосподарських наук  
[orcid.org/0000-0001-5038-2404](https://orcid.org/0000-0001-5038-2404)

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**МАРТИНОВ О.М.** – науковий співробітник  
[orcid.org/0000-0001-7680-7490](https://orcid.org/0000-0001-7680-7490)

Український інститут експертизи сортів рослин

**Постановка проблеми.** В умовах реформування агропромислового комплексу України та скорочення виробництва тваринної продукції вагомого значення набуло виробництво високобілкових продуктів рослинництва. Унаслідок цього за останні роки різко зріс попит на насіння зернобобових культур. Серед зернобобових культур чільне місце посідає квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris* L.), що містить у середньому 24% білка, який за амінокислотним складом близький до білків тваринного походження. Вирощування квасолі зумовлене як економічною, так і агрономічною привабливістю. Квасоля, як і решта бобових культур, збільшує вміст азоту у ґрунті та збагачує ґрунт макро- й мікроелементами, що робить її надзвичайно корисним складником сівозміни, а також одним із найкращих попередників зернової групи [1–3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Використання добрив у технологіях вирощування зернобобових культур є одним із найбільш ефективних заходів підвищення їх урожайності. Доведено, що оптимізована система удобрення з урахуванням потреби рослин у поживних речовинах за етапами органогенезу може забезпечити найвищу врожайність культур. Результати проведених низкою авторів досліджень вказують на те, що застосування доз азотних добрив, що вищі ніж 20–30 кг/га, пригнічує симбіотичну азотфіксацію. Середні дози добрив пригнічують симбіотичну, проте активізують асоціативну, або несимбіотичну, азотфіксацію [4; 5].

Дослідники відносять квасолю до культур, які вимогливі до поживного режиму ґрунту. Вона найбільш вимоглива до родючості ґрунту серед зернобобових і досить чутлива до внесення мінеральних добрив. Період максимального засвоєння азоту рослин квасолі припадає на фазу цвітіння й формування бобів квасолі та сягає 5 кг/добу. Фосфор із ґрунту рослини починають засвоювати через 3–5 діб після появи корінців. Період мак-

симального засвоєння припадає на фазу формування бобів – 0,45 кг/добу. Калій здатний швидше мігрувати в рослину, ніж азот і фосфор. Він виконує роль балансу-ючого елемента в живленні рослин азотом і фосфором. У період максимального споживання рослини квасолі виносять його 1,9 кг/га на добу [6–9].

Бобові культури, до яких належить квасоля, характеризуються досить високими темпами засвоєння поживних речовин до фази цвітіння. Вони відмінно реагують на післядню органічних і мінеральних добрив, а також на вапнування [10]. Як зазначає Д. Шляхтуров [3], у вирощуванні квасолі науково обґрунтована система удобрення може дати приріст врожаю до 5,3 ц/га.

Серед низки заходів, спрямованих на реалізацію генетичного потенціалу сучасних сортів квасолі інтенсивного типу, на особливу увагу заслуговує передпосівна підготовка насіння. Встановлено, що у структурі витрат на вирощування квасолі частка посівного матеріалу становить 10–15%. Тому для одержання дружніх, рівномірних і здорових сходів із подальшою високою азотфіксуючою здатністю посівів насіння необхідно приділяти значну увагу його передпосівній підготовці. Важливою особливістю квасолі є її здатність до ендосимбіозу з азотфіксуючими суббактеріями – ризобіями [11; 12]. Завдяки азотфіксації, яка відбувається у сформованих у симбіозі з ризобіями бульбочках, квасоля може значною мірою або навіть повністю задовольняти свою потребу в азоті (симбіотрофне живлення азотом). Це знижує залежність рослини від наявності азотних сполук у недешевих та екологічно небезпечних азотних добривах [13; 14].

У разі створення сприятливих умов живлення та розроблення системи удобрення під квасолю необхідно враховувати ґрунтово-кліматичні умови регіону, особливості процесу симбіотичної азотфіксації та споживання азоту квасолею впродовж вегетаційного періоду [3; 15]. До останнього часу в умовах Закарпаття

України у зв'язку з відсутністю наукових досліджень не досить вивченою залишається технологія вирощування квасолі звичайної відповідно до цих ґрунтово-кліматичних умов, а також їх вплив на зернову продуктивність культури, що й визначило актуальність проведення дослідження.

**Мета роботи** – встановити особливості формування продуктивності квасолі сортів Мавка, Перлина, Надія залежно від норми внесення мінеральних добрив та інокуляції насіння на дерново-підзолистих ґрунтах Закарпаття України.

**Матеріали та методи досліджень.** Дослідження виконане у відокремленому структурному підрозділі Національного університету біоресурсів і природокористування України «Мукачівський фаховий коледж» у Закарпатській області. Польовий дослід закладений у стаціонарній польовій сівозміні коледжу (Закарпатська обл., Мукачівський р-н, с. Ключарки, земельна ділянка № 3) на дерново-підзолистих важкосуглинкових на сучасному алювії з вмістом гумусу в орному (0–20 см) шарі ґрунту – 1,9%, рН сольовим 6,1, низькою забезпеченістю азотом (5,9 мг/кг), середньою – фосфором (54,3 мг/кг) та калієм (132 мг/кг). Згідно з агрохімічним обстеженням дослідних ділянок кислотність ґрунту перебуває в задовільному діапазоні для вирощування квасолі.

Дослід трифакторний, чинник А – районовані середньостиглі сорти квасолі звичайної, чинник В – норми внесення мінеральних добрив, розраховані балансовим методом на запланований врожай, чинник С – інокуляція насіння. Загальна площа елементарної ділянки становить 84 м<sup>2</sup>, облікової – 52,8 м<sup>2</sup>. Повторність досліду чотириразова [16]. Попередник у досліді – пшениця озима. Сіяли овочевою сівалкою СОН-4,2, ширина міжрядь становить 45 см, глибина заробки насіння становить 6–7 см. Норма висіву – 500 тис. штук схожого насіння на гектар. Для захисту посівів квасолі від бур'янів проводили доскодові боронування та застосовували суміш гербіцидів арамо (1,0 л/га) і базагран (2,0 л/га) у фазу 2–3 справжніх листків.

Мінеральні добрива вносили у вигляді аміачної селітри (34,4% N), фосфоритного борошна (30% P), калімагнезії (26–28% K, 11–18% Mg); додатково проводили вапнування ґрунтів із розрахунку 3 т/га. Інокуляцію насіння квасолі проводили в день сівби Ризобіотом, який містить у складі симбіотичні азотфіксуючі бактерії роду *Rhizobium phaseoli*, від Інституту агроєкології і природокористування Національної академії аграрних наук України. Збирання врожаю проводили прямим комбайнуванням у фазу повної стиглості насіння.

**Результати досліджень.** Мінеральні добрива сприяли зростанню врожайності культури. Найвищу середню врожайність формували сорти Перлина у варіанті з проведенням інокуляції насіння та за удобрення N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>20</sub> кг/га д. р., яка становила 2,67 т/га, що на 0,24 т/га більше, ніж у варіанті без інокуляції за тих же норм добрив, та на 0,69 т/га більше за абсолютний контроль. У варіанті за внесення N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>20</sub> та інокуляції насіння Ризобіотом врожайність сорту Мавка становила 2,49 т/га, що на 0,25 т/га більше, ніж у варіанті без інокуляції за тих же

норм добрив, та на 0,59 т/га більше за абсолютний контроль (див. табл. 1).

Сорт Надія найвищу врожайність – 2,28 т/га – також формувала на варіанті досліду N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>20</sub> + інокуляція Ризобіотом. Найвищу врожайність на варіантах досліду без проведення інокуляції Ризобіотом – 2,15 т/га, 2,37 т/га та 2,61 т/га у сортів Надія, Мавка та Перлина відповідно – спостережено за удобрення в нормі N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>30</sub> кг/га д. р., що на 0,48 т/га, 0,47 т/га та 0,63 т/га відповідно вище порівняно з урожайністю на абсолютному контролі, яка становила 1,67 т/га, 1,90 т/га та 1,98 т/га відповідно.

Найбільшого приросту врожаю досліджуваних сортів вдалося досягти за використання низьких і середніх норм азотних на фоні фосфорно-калійних добрив. Приріст урожайності від внесення добрив у сорту Надія становив від 16,2 до 28,7%, у сорту Мавка – від 12,1 до 24,7%, у сорту Перлина – від 14,6 до 31,8%. Приріст урожаю досліджуваних сортів квасолі від проведення передпосівної інокуляції за різних норм добрив у сорту Надія становив від 9,2 до 16,3%, у сорту Мавка – від 12,3 до 22,1%, у сорту Перлина – від 12,1 до 24,8%. Максимальний приріст урожаю квасолі було отримано за внесення добрив у нормі N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>20</sub> кг/га д. р. у комплексі з проведенням передпосівної інокуляції, який становив 36,5% у сорту Надія, 31,1% у сорту Мавка та 34,8% у сорту Перлина. Вищезазначені прирости рівня врожайності вказують на високу ефективність проведення передпосівної інокуляції насіння за внесення азотних добрив.

Найвищий приріст урожаю в досліджуваних сортах зафіксовано у варіантах з інокуляцією насіння та за різних норм добрив порівняно з абсолютним контролем. У сорту Надія приріст від внесення різних норм добрив та проведення інокуляції становив від 0,47 до 0,61 т/га, у сорту Мавка – від 0,39 до 0,59 т/га, у сорту Перлина – від 0,42 до 0,69 т/га. Незважаючи на незначний вплив окремо чинників «проведення інокуляції» та «застосування добрив», доведено їх суттєвий, позитивний вплив у результаті взаємодії цих чинників. Вищезазначені прирости рівня врожайності вказують на високу ефективність проведення передпосівної інокуляції насіння за внесення помірних норм азотних добрив.

Високі дози азотних добрив від N<sub>90</sub> до N<sub>120</sub> на фоні фосфорно-калійних добрив у поєднанні з інокуляцією насіння негативно вплинули на урожайність квасолі, яка в деяких варіантах була нижчою, ніж урожайність на контрольних варіантах, за рахунок пригнічення азотфіксації, де бульбочки хоча й утворювалися в невеликій кількості, проте нітрогеназна активність майже не відбувалася. Тому на варіантах із максимальними дозами азотних добрив як за використання інокуляції насіння, так і без неї урожайність досліджуваних сортів квасолі була майже на одному рівні. Оскільки азотфіксації з повітря не відбувалося через відсутність нітрогеназної активності, то на цих варіантах рослини мали виключно мінеральну форму живлення.

Збільшення норми азоту з N<sub>90</sub> до N<sub>120</sub> на фоні фосфорно-калійних добрив знижувало ефективність інокуляції в досліджуваних сортах квасолі. Тож очевидно, що

Таблиця 1

Урожайність квасолі залежно від удобрення та інокуляції насіння, т/га (середнє за 2016–2018 рр.)

| Варіант<br>удобрення                             | Урожайність,<br>т/га |                 | Приріст врожаю від |      |                 |      |                    |                 |                     |      |
|--------------------------------------------------|----------------------|-----------------|--------------------|------|-----------------|------|--------------------|-----------------|---------------------|------|
|                                                  |                      |                 | добрив             |      |                 |      | інокуляції насіння |                 | добрив + інокуляції |      |
|                                                  | *б/і                 | *і              |                    |      |                 |      |                    |                 | т/га                | %    |
|                                                  | т/га                 | %               | т/га               | %    | т/га            | %    |                    |                 |                     |      |
| Надія                                            |                      |                 |                    |      |                 |      |                    |                 |                     |      |
| Без добрив<br>(контроль)                         | 1,67                 | 1,96            | -                  | -    | -               | -    | 0,29               | 17,4            | -                   | -    |
| N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> K <sub>10</sub>  | 1,94                 | 2,14            | 0,27               | 16,2 | 0,18            | 9,2  | 0,20               | 10,3            | 0,47                | 28,1 |
| N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>20</sub>  | 2,05                 | 2,28            | 0,38               | 22,8 | 0,32            | 16,3 | 0,23               | 11,2            | 0,61                | 36,5 |
| N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>  | 2,15                 | 2,18            | 0,48               | 28,7 | 0,22            | 11,2 | 0,03               | 1,4             | 0,51                | 30,5 |
| N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>40</sub> | 2,11                 | 2,15            | 0,44               | 26,3 | 0,19            | 9,7  | 0,04               | 1,9             | 0,48                | 28,7 |
| Мавка                                            |                      |                 |                    |      |                 |      |                    |                 |                     |      |
| Без добрив<br>(контроль)                         | 1,90                 | 2,04            | -                  | -    | -               | -    | 0,14               | 7,4             | -                   | -    |
| N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> K <sub>10</sub>  | 2,13                 | 2,29            | 0,23               | 12,1 | 0,25            | 12,3 | 0,16               | 7,5             | 0,39                | 20,5 |
| N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>20</sub>  | 2,24                 | 2,49            | 0,34               | 17,9 | 0,45            | 22,1 | 0,25               | 11,2            | 0,59                | 31,1 |
| N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>  | 2,37                 | 2,41            | 0,47               | 24,7 | 0,37            | 18,1 | 0,04               | 1,7             | 0,51                | 26,8 |
| N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>40</sub> | 2,33                 | 2,37            | 0,43               | 22,6 | 0,33            | 16,2 | 0,04               | 1,7             | 0,47                | 24,7 |
| Перлина                                          |                      |                 |                    |      |                 |      |                    |                 |                     |      |
| Без добрив<br>(контроль)                         | 1,98                 | 2,14            | -                  | -    | -               | -    | 0,16               | 8,1             | -                   | -    |
| N <sub>30</sub> P <sub>20</sub> K <sub>10</sub>  | 2,27                 | 2,40            | 0,29               | 14,6 | 0,26            | 12,1 | 0,13               | 5,7             | 0,42                | 21,2 |
| N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>20</sub>  | 2,43                 | 2,67            | 0,45               | 22,7 | 0,53            | 24,8 | 0,24               | 9,9             | 0,69                | 34,8 |
| N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>30</sub>  | 2,61                 | 2,62            | 0,63               | 31,8 | 0,48            | 22,4 | 0,01               | 0,4             | 0,64                | 32,3 |
| N <sub>120</sub> P <sub>80</sub> K <sub>40</sub> | 2,52                 | 2,54            | 0,54               | 27,3 | 0,40            | 18,7 | 0,02               | 0,8             | 0,56                | 28,3 |
| НІР <sub>0,5</sub> – 0,37                        |                      | чинник А – 0,12 |                    |      | чинник Б – 0,15 |      |                    | чинник В – 0,10 |                     |      |

\*Примітка: б/і – насіння без інокуляції; і – інокуюване насіння

як з економічної, так і з екологічної позиції доцільніше використовувати природний азот (за рахунок проведення передпосівної інокуляції насіння) на противагу використанню мінерального азоту для отримання врожаю в таких межах. Після комплексного аналізу всіх чинників впливу на продуктивність досліджуваних сортів квасолі можна зробити висновок, що на приріст урожаю впливали норми мінеральних, зокрема азотних, добрив (збільшення норми азотних добрив до 60 кг/га д. р. сприяло значним приростам урожайності квасолі порівняно з показником, отриманим на контролі), застосування біопрепарату на основі штамів бульбочкових бактерій (на варіантах із проведенням інокуляції насіння зі збільшенням азотних добрив у нормі до 60 кг/га д. р. спостережено вищу урожайність порівняно з аналогічними варіантами без інокуляції насіння) та біологічні особливості сортів (найбільш високотехнологічним і продуктивним виявився сорт Перлина, який залежно від чинників, підданих дослідженню, формував найвищу урожайність порівняно з іншими досліджуваними сортами).

**Висновки.** На дерново-підзолистих важкосуглинкових ґрунтах Закарпаття за поєднання інокуляції насіння Ризобіфітом (200 г/га) та мінеральних добрив у нормі N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>20</sub> середньостиглі сорти Перлина та Мавка формують урожайність, що вища ніж 2,5 т/га. Сорт Надія характеризувався вищою кількістю білка в зерні, вміст якого в середньому за роки проведення досліджень варіював у межах 24,9–27,4%.

Урожайність сортів квасолі зростає від 1,41 до 3,16 т/га залежно від погодних умов року вирощування, сортових особливостей, удобрення та передпосівної інокуляції насіння. Високий рівень урожайності зерна квасолі сортів Надія (2,28 т/га), Мавка (2,49 т/га) та Перлина (2,67 т/га) забезпечує поєднання інокуляції насіння Ризобіфітом та внесення мінеральних добрив у нормі N<sub>60</sub>P<sub>40</sub>K<sub>20</sub>.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Овчарук О., Іванюк С. Квасоля – цінне джерело рослинного білка, зумовлене сортовими особливостями. *Продовольча індустрія АПК*. 2015. № 1/2. С. 38–40.
- Рожкован В. Скромное обаяние фасоли. *Зерно*. 2014. № 4. С. 94–100.
- Шляхтуров Д. Особливості формування продуктивності квасолі залежно від технології вирощування в умовах північного Степу : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2009. 19 с.
- Effect of seed inoculation and foliar fertilizing on structure of soybean yield and yield structure in western Polissya of Ukraine / N. Novytska, G. Gadzovskiy, B. Mazurenko, I. Svistunova, O. Martynov. *Agronomy Research*. 2020. Vol. 18. Iss. 4. P. 2512–2519. URL: <https://doi.org/10.15159/ar.20.203>.
- Біологічний азот / В. Патики, С. Коць, В. Волгогон та ін. Київ : Світ, 2003. 424 с.
- Abebe G. Effect of NP fertilizer and moisture conservation on the yield and yield components of

- haricot bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in the semi-arid zones of the Central Rift Valley in Ethiopia. *Advances in Environmental Biology*. 2009. Vol. 3. Iss. 3. P. 302–307.
7. A note of the effect of nitrogen, phosphorus and Rhizobium culture on growth and yield of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) / R. Chandra, C. Rajput, K. Singh et al. *Haryana Journal of Horticultural Sciences*. 1987. Vol. 16. Iss. 1. P. 145–147.
  8. Dhatonde B., Nalamwar R. Effect of nitrogen and irrigation levels on yield and water use of French bean (*Phaseolus vulgaris*). *Indian Journal of Agronomy*. 1996. Vol. 41. Iss. 2. P. 265–268.
  9. Turuko M., Mohammed A. Effect of different phosphorus fertilizer rates on growth, dry matter yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *World Journal of Agricultural Research*. 2014. Vol. 2. Iss. 3. P. 88–92. URL: <https://doi.org/10.12691/wjar-2-3-1>.
  10. Vinandan R., Prasad U. Effect of irrigation and nitrogen on growth, yield, nitrogen uptake and water-use efficiency of French bean (*Phaseolus vulgaris*). *Indian Journal Agricultural Sciences*. 1998. Vol. 67. Iss. 11. P. 75–80.
  11. Rana M., Datt N., Singh M. Effect of Rhizobium culture in combination with organic and chemical fertilizers on rajmas (*Phaseolus vulgaris*) under dry temperate conditions of Himachal Pradesh. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2006. Vol. 76. Iss. 3. P. 151–153.
  12. Dubey Y., Datt N. Affectivity of Rhizobium leguminosarum phaseoli with nitrogen in Frenchbean (*Phaseolus vulgaris*) – wheat (*Triticum aestivum*) cropping sequence. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2008. Vol. 78. Iss. 2. P. 167–169.
  13. Пати́ка В., Пота́шова Л., Толка́чов М. Селекція бульбочкових бактерій кvasолі. *Вісник аграрної науки*. 2001. № 1. С. 54–57.
  14. Чундерова А. Влияние эффективных штаммов клубеньковых бактерий на урожай и содержание протеина в зерне фасоли. *Селекция, семеноводство и приемы возделывания фасоли*. Орел, 1975. С. 192–195.
  15. Шкатула Ю., Краєвська Л. Ефективність симбіотичної азотфіксації в агроценозах кvasолі. *Вісник Дніпропетровського аграрно-економічного університету*. 2015. № 4(38). С. 73–76.
  16. Доспехов Б. Методика полевого опыта. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
  4. Novytska, N., Gadzovskiy, G., Mazurenko, B., Svistunova, I., Martynov, O. (2020). Effect of seed inoculation and foliar fertilizing on structure of soybean yield and yield structure in western Polissya of Ukraine. *Agronomy Research*, vol. 18, iss. 4, pp. 2512–2519. Retrieved from: <https://doi.org/10.15159/ar.20.203> [in English].
  5. Patyka, V., Kots, S., Volkohon, V. et al. (2003). *Biologichnyi azot [Biological nitrogen]*. Kyiv: Svit, 424 p. [in Ukrainian].
  6. Abebe, G. (2009). Effect of NP fertilizer and moisture conservation on the yield and yield components of haricot bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in the semi-arid zones of the Central Rift Valley in Ethiopia. *Advances in Environmental Biology*, vol. 3, iss. 3, pp. 302–307 [in English].
  7. Chandra, R., Rajput, C., Singh, K. et al. (1987). A note of the effect of nitrogen, phosphorus and Rhizobium culture on growth and yield of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Haryana Journal of Horticultural Sciences*, vol. 16, iss. 1, pp. 145–147 [in English].
  8. Dhatonde, B., Nalamwar, R. (1996). Effect of nitrogen and irrigation levels on yield and water use of French bean (*Phaseolus vulgaris*). *Indian Journal of Agronomy*, vol. 41, iss. 2, pp. 265–268 [in English].
  9. Turuko, M., Mohammed, A. (2014). Effect of different phosphorus fertilizer rates on growth, dry matter yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *World Journal of Agricultural Research*, vol. 2, iss. 3, pp. 88–92. Retrieved from: <https://doi.org/10.12691/wjar-2-3-1> [in English].
  10. Vinandan, R., Prasad, U. (1998). Effect of irrigation and nitrogen on growth, yield, nitrogen uptake and water-use efficiency of French bean (*Phaseolus vulgaris*). *Indian Journal Agricultural Sciences*, vol. 67, iss. 11, pp. 75–80 [in English].
  11. Rana, M., Datt, N., Singh, M. (2006). Effect of Rhizobium culture in combination with organic and chemical fertilizers on rajmas (*Phaseolus vulgaris*) under dry temperate conditions of Himachal Pradesh. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, vol. 76, iss. 3, pp. 151–153 [in English].
  12. Dubey, Y., Datt, N. (2008). Affectivity of Rhizobium leguminosarum phaseoli with nitrogen in Frenchbean (*Phaseolus vulgaris*) – wheat (*Triticum aestivum*) cropping sequence. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, vol. 78, iss. 2, pp. 167–169 [in English].
  13. Patyka, V., Potashova, L., Tolkachov, M. (2001). Seleksiya bulbochkovykh bakterii kvasoli [Selection of tuberous bean bacteria]. *Visnyk aharnoi nauky – Bulletin of Agrarian Science*, no. 1, pp. 54–57 [in Ukrainian].
  14. Chunderova, A. (1975). Vliyanie effektivnykh shtammov klubenkovykh bakteriy na urozhay i sodержanie proteina v zerne fasoli [Effect of effective strains of nodule bacteria on the yield and protein content in bean grain]. *Seleksiya, semenovodstvo i priemyi vzdelyvaniya fasoli [Selection, seed production and methods of bean cultivation]*. Orel, pp. 192–195 [in Russian].
  15. Shkatula, Yu., Kraievskaya, L. (2015). Efektivnist simbiotichnoi azotifikatsii v ahrotsenozakh kvasoli [The effectiveness of symbiotic nitrogen fixation in agroecosystems of beans]. *Visnyk Dnipropetrovskoho aharno-ekonomichnogo universytetu – Bulletin of Dnipropetrovsk Agrarian and Economic University*, no. 4(38), pp. 73–76 [in Ukrainian].

## REFERENCES:

1. Ovcharuk, O., Ivaniuk, S. (2015). Kvasolia – tsinne dzhereło roslыnnoho bilka, zumovlene sortovymy osoblyvostiamy [Beans – a valuable source of vegetable protein, due to varietal characteristics]. *Prodovolcha industriia APK – Food industry of agroindustrial complex*, no. 1/2, pp. 38–40 [in Ukrainian].
2. Rozhkov, V. (2014). Skromnoe obayanie fasoli [Modest charm of the bean]. *Zerno – Corn*, no. 4, pp. 94–100 [in Russian].
3. Shliakhturov, D. (2009). Osoblyvosti formuvannia produktyvnosti kvasoli zalezno vid tekhnologii vyroshchuvannia v umovakh pivnichnogo stepu [Features of the formation of bean productivity depending on the technology of cultivation in the conditions of the northern steppe]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kyiv, 19 p. [in Ukrainian].



16. Dospehov, B. (1985). *Metodika polevogo opyita [Methodology of field experience]*. Moscow: Agropromizdat, 351 p. [in Russian].

**Доктор Н.М., Новицька Н.В., Кормош С.М., Пилипенко В.С., Мартинов О.М. Урожайність квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.) залежно від інокуляції та удобрення в умовах Закарпаття України**

**Метою** статті є встановлення особливостей формування продуктивності квасолі сортів Мавка, Перлина, Надія залежно від норми внесення мінеральних добрив та інокуляції насіння на дерново-підзолистих ґрунтах Закарпаття України. **Методи.** Дослідження виконано у відокремленому структурному підрозділі Національного університету біоресурсів і природокористування України «Мукачівський фаховий коледж» у Закарпатській області. Польовий дослід закладено у стаціонарній польовій сівозміні коледжу на дерново-підзолистих важкосуглинкових ґрунтах із вмістом гумусу 1,9%. Дослід трифакторний, чинник А – районовані середньостиглі сорти квасолі звичайної, чинник В – норми внесення мінеральних добрив, розраховані балансовим методом на запланований врожай, чинник С – інокуляція насіння. **Результати.** Встановлено, що інокуляція насіння забезпечила приріст врожайності зерна від 1,3 до 16,3% залежно від сорту та добрив. Спостережено, що чим вищою була норма внесення добрив, тим нижчим був відсоток приросту врожайності квасолі за рахунок інокуляції. Внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{90}P_{60}K_{30}$  без інокуляції насіння сприяло зростанню врожайності квасолі до 2,34 т/га в сорту Мавка, 2,45 т/га в сорту Перлина та 2,15 т/га в сорту Надія. За інокуляції насіння Ризобіофітом вища врожайність квасолі формувалася за внесення добрив у нормі  $N_{60}P_{40}K_{20}$  та досягала 2,54 т/га в сорту Мавка, 2,63 т/га в сорту Перлина та 2,36 т/га в сорту Надія. **Висновки.** На дерново-підзолистих важкосуглинкових ґрунтах Закарпаття за поєднання інокуляції насіння Ризобіофітом (200 г/га) та мінеральних добрив у нормі  $N_{60}P_{40}K_{20}$  середньостиглі сорти Перлина та Мавка формують урожайність, що вища ніж 2,5 т/га.

**Ключові слова:** квасоля звичайна, сорт, мінеральні добрива, інокуляція, Ризобіофіт, урожайність, вміст білка.

**Doktor N.M., Novytska N.V., Kormosh S.M., Pylypenko V.S., Martunov O.M. Yield of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) depending on inoculation and fertilizer in the conditions of Transcarpathia of Ukraine**

The purpose of the article is to establish the peculiarities of the formation of productivity of beans of Mavka, Perlyna, Nadiya varieties depending on the norm of mineral fertilizers application and seed inoculation on sod-podzolic soils of Transcarpathia of Ukraine. **Methods.** The study was performed in a separate department of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine "Mukachevo Vocational College" in the Transcarpathian region. The field experiment was included in the stationary field crop rotation of the college on sod-podzolic heavy loam soils with a humus content of 1,9%. The experiment is three-factor, factor A – zoned medium-ripe varieties of common beans, factor B – rates of mineral fertilizers, calculated by the balance method for the planned harvest, factor C – inoculation of seeds. **Results.** It was found that inoculation of seeds provided an increase in grain yield from 1,3 to 16,3% depending on the variety and fertilizers. It was noted that the higher the rate of fertilizer application, the lower the percentage increase in bean yield due to inoculation. Application of mineral fertilizers in the  $N_{90}P_{60}K_{30}$  norm without seed inoculation contributed to the increase of bean yield to 2,34 t/ha in Mavka variety, 2,45 t/ha in Perlyna variety and 2,15 t/ha in Nadiya variety. When inoculated with Rhizobophyte seeds, the higher yield of beans was formed by applying  $N_{60}P_{40}K_{20}$  fertilizers and reached 2,54 t/ha in Mavka variety, 2,63 t/ha in Perlyna variety and 2,36 t/ha in Nadiya variety. **Conclusions.** On sod-podzolic heavy loam soils of Transcarpathia for combination of inoculation of seeds with Rhizobophyte (200 g/ha) and mineral fertilizers in the norm  $N_{60}P_{40}K_{20}$  medium-ripe varieties Perlyna and Mavka form yields above 2,5 t/ha.

**Key words:** common beans, variety, mineral fertilizers, inoculation, Rhizobophyte, yield, protein content.

## ВПЛИВ СУСПЕНЗІЇ ЖИВОЇ ХЛОРЕЛИ НА РЕГЕНЕРАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОНЕНТІВ ЩЕП ВИНОГРАДУ

**ЗЕЛЕНЯНСЬКА Н.М.** – доктор сільськогосподарських наук,  
старший науковий співробітник  
[orcid.org/0000-0002-9303-8686](https://orcid.org/0000-0002-9303-8686)

Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства  
імені В.Є. Таїрова» Національної академії аграрних наук України

**МАНДИЧ О.М.** – аспірант  
[orcid.org/0000-0002-8983-2246](https://orcid.org/0000-0002-8983-2246)

Національний науковий центр «Інститут виноградарства і виноробства  
імені В. Є. Таїрова» Національної академії аграрних наук України

**Постановка проблеми.** Щеплення є найбільш поширеним способом розмноження винограду. Воно забезпечує швидкий ріст і розвиток рослин, накопичення більшої кількості поживних речовин у прирості та кореневій системі, дає змогу саджанцю адаптуватись до несприятливих факторів навколишнього середовища (філоксери, посухи, морозу, підвищеного рівня карбонатів у ґрунті), і як наслідок, вони раніше вступають у плодоношення, покращуються харчові та смакові якості ягід [1; 2]. Крім того, щеплення широко використовують для ремонту і реконструкції виноградників шляхом перещеплення, заміни малопродуктивних насаджень без їх перезакладання.

При розмноженні рослин шляхом щеплення важливу роль відіграють процеси регенерації – здатності рослин відновлювати пошкоджені тканини та органи, а також цілісний організм з певної його частини. При щепленні камбій обох компонентів повинен тісно з'єднуватись, внаслідок чого на поверхні зрізів підщепи і прищепи починає утворюватися калусна тканина, за рахунок якої і відбувається зрощення компонентів [2].

Дослідження вітчизняних вчених [2–4] показали, що успішне зрощення компонентів щеп відбувається за умови раннього та одночасного утворення калусу по всьому колу зрізу. Напливи калусу швидше змикаються, з'єднуючись судинами, і їх зовнішня поверхня не встигає загрубіти. У протилежному випадку ізолюючий прошарок, що виникає внаслідок механічного поранення тканин чубуків, грубішає, перешкоджаючи зрощенню компонентів щеп [2].

Тому дуже важливо визначити фактори, які сприятимуть інтенсифікації та ранньому прояву калусоутворення на компонентах щеп винограду. Надійне зрощення компонентів – важливий аспект для забезпечення життєздатності щеп винограду і підвищення виходу щеплених саджанців із шкільки [5].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Велику роль у підвищенні виходу високоякісних щеплених саджанців винограду відіграють біологічно активні речовини (БАР). Це хімічні сполуки неорганічного та органічного походження, загальною особливістю яких є висока активність у невеликих концентраціях [6]. БАР регулюють метаболічні системи, що відповідають за ріст рослин, утворення вегетативних, генеративних органів, стійкість до несприятливих чинників навколишнього

середовища [3]. За допомогою даних речовин при екзогенному впливі можна цілеспрямовано керувати процесами метаболізму, які протікають у тканинах чубуків на технологічних етапах виробництва щеп, покращувати зрощення компонентів, коренеутворення щеп, адаптаційні властивості щеп, підвищувати якість та вихід щеплених саджанців із шкільки [7].

До БАР входять групи речовин різного хімічного походження: фітогормони, вітаміни, фітонциди, алкалоїди, антибіотики та ін., а також їх синтетичні аналоги [6]. Щороку світовий ринок біостимуляторів та регуляторів росту рослин (PPP) зростає на 12%, що посилює актуальність питання про захист навколишнього середовища [8]. Оскільки БАР мають різний ступінь токсичності, виникла потреба мінімізувати негативний вплив агротехнологій на довкілля. Із цієї метою стало актуальним виробництво біологічно активних речовин природного походження, отриманих з грибів, бактерій, морських водоростей та мікроводоростей [3; 7].

Останнім часом багато галузей промисловості та сільського господарства проявляють зацікавленість до водоростей та продуктів їхньої життєдіяльності. Вони можуть бути використані як стимулятори та як біодобрива. Біопродукти водоростей містять метаболіти, мінерали та фітогормони, які стимулюють ріст і врожайність рослин, покращують біологічні якості ґрунту та підвищують продуктивність в умовах абіотичного і біотичного стресу. За будовою водорості поділяють на мікроводорості – одноклітинні організми, що існують переважно в прісній воді, і багатоклітинні макроводорості, середовищем існування яких є морська вода [9; 10].

Більшість сучасних досліджень присвячено застосуванню макро- та мікроводоростей або продуктів їхньої життєдіяльності у сільському господарстві. Досліди показали, що застосування екстрактів водоростей у сільському господарстві демонструє широкий спектр позитивних реакцій, які включають підвищення схожості насіння, активний розвиток кореневої системи, покращення врожайності, якості врожаю, підвищення вмісту хлорофілу, площі листової поверхні рослин, стійкість до біотичного і абіотичного стресу та збільшення терміну зберігання урожаю [9].

Одним із таких продуктів є зелена одноклітинна водорість *Chlorella vulgaris* Beijer. У складі суспензії

хлорели всі елементи знаходяться у збалансованому стані: вітаміни (A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>9</sub>, B<sub>12</sub>, C, D, E, K, PP та ін.), багата різноманітність мінералів та мікроелементів (Ca, N, P, Mg, K, Cu, Fe, S, Zn, Co, Mn, Zr, Rb, I та ін.), білок високої якості, який переважає всі відомі рослинні білки, в яких більше 40 амінокислот, у тому числі 20 основних α-амінокислот, (глутамінова кислота, аспарагінова кислота, лейцин, аланін, валін, гліцин, треонін та ін.). Культуральне середовище хлорели містить також і велику кількість фізіологічно активних речовин, серед яких: регулятори росту та розвитку (ауксини, гібереліни, цитокініни, фенольні сполуки, природні стероїди, вітаміни), природний антибіотик «хлорелін» [7].

Аналіз літературних джерел показав чисельні дослідження позитивного впливу біологічно активних препаратів на основі мікроводоростей на зернові культури [11], салат [12], банани [13], овочі [14], декоративні культури [15, 16], ягідні культури [17] і такий модельний об'єкт, як різушка Таля або арабідопсис [18]. Отримані результати засвідчили, що вони покращують фізіологічний стан рослин, стимулюють їх ріст і розвиток у цілому, підвищують продуктивність, сприяють підвищенню імунітету рослин, посилюють інтенсивність процесів метаболізму, послаблюють утворення продуктів окислення на поверхні копуляційних зрізів і тим самим прискорюють процеси регенерації тканин [7].

Наукових робіт щодо вивчення впливу суспензії живої хлорели на рослини винограду дуже мало. Так, Abd El Moniem and Abd-Allah досліджували вплив суспензії живої хлорели на якісні показники урожаю, ріст, розвиток елітних виноградників [19]. S. Tangolar et al. вивчали дію комерційного добрива (Bio fertilizer), яке містило 3,5×10<sup>7</sup> клітин/мл водорості *Chlorella vulgaris* Beijer., на агробіологічні показники, вміст поживних речовин у пагонах, урожайність сортів винограду 'Trakua ilkeren', 'Yalova incise' та 'Prima' [20]. У всіх роботах відмічено позитивний вплив.

У виноградарстві розсадництві відомі дослідження впливу бактеріальних добрив на регенераційні властивості компонентів щеп винограду. Показано, що *Azospirillum brasilense* Sp 245 посилюють вегетативний розвиток щеплених саджанців винограду св. 'Colorino' та чубуків підщепних сортів винограду 420A та 775P, утворення кореневої системи, міцне зрощення калусу у молодих щеплених саджанців винограду. Індукція бактеріями біосинтезу поживних речовин сприяє проліферації клітин вторинної меристеми обох компонентів щеп. Це сприяє надійному зрощенню щеп і отриманню більш якісних щеплених саджанців із шкілки [5; 21]. Проте наукових праць щодо вивчення впливу суспензії живої хлорели на регенераційні властивості компонентів щеп винограду на сьогодні не має.

З огляду на вищенаведене метою нашої роботи було встановити вплив суспензії живої хлорели на повноту та інтенсивність утворення калусної тканини на зрізах підщепних і прищепних компонентів щеп винограду.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження проводили протягом 2019–2022 рр. у відділі розсадництва, розмноження та біотехнології винограду Національного наукового центру «Інститут виногра-

дарства і виноробства ім. В.Є. Таїрова» НААН України. Матеріалом для досліджень були підщепні чубуки винограду сортів Р х Р 101-14, Б х Р Кобер 5 ББ, Добриня і прищепні чубуки сортів Оригінал, Ярило.

Підщепну лозу нарізали на двовічкові чубуки, осліплювали їх та протягом 72 годин вимочували у водних розчинах суспензії живої хлорели. Прищепну лозу нарізали на одновічкові чубуки і вимочували у водних розчинах суспензії живої хлорели 18 годин. Для роботи використовували водні розчини суспензії штаму – *Chlorella vulgaris* Beijer, чистий та збагачений германієм.

Схема досліджень включала такі варіанти:

**Варіант 1** – Вимочування компонентів щеп у дистильованій воді (контроль).

**Варіант 2** – Вимочування компонентів щеп у розчині *Chlorella vulgaris* Beijer. + Gr (розведення 1:5).

**Варіант 3** – Вимочування компонентів щеп у розчині *Chlorella vulgaris* Beijer. + Gr (розведення 1:1).

**Варіант 4** – Вимочування компонентів щеп у розчині *Chlorella vulgaris* Beijer. + Gr (без розведення).

**Варіант 5** – Вимочування компонентів щеп у розчині *Chlorella vulgaris* Beijer. (розведення 1:5).

**Варіант 6** – Вимочування компонентів щеп у розчині *Chlorella vulgaris* Beijer. (розведення 1:1).

**Варіант 7** – Вимочування компонентів щеп у розчині *Chlorella vulgaris* Beijer. (без розведення).

Після вимочування компоненти щеп загортали в декілька шарів фільтрувального паперу, вологий тканинний матеріал і розміщували в термостаті при температурі 28°C, вологості 100–90% на 21 день для стратифікації. Після її завершення проводили обліки повноти та інтенсивності утворення калусу на зрізах компонентів щеп (%), визначали масу вологого та сухого калусу (г), його обводнення (%).

Для визначення ступеню впливу суспензії живої хлорели на інтенсивність і повноту утворення калусу визначали величину стимулюючої ефективності (R, %). Останню представляли як рівність:  $R = (\sum K1 / N1) - (\sum K2 / N2)$ , де R – величина стимулюючої ефективності (%);  $\sum K1$  – сума рослин (%), які характеризуються досліджуваною ознакою, після застосування нових прийомів (засобів); N1 – кількість повторностей за досліджуваний період, після застосування нових прийомів (засобів);  $\sum K2$  – сума рослин (%), які характеризуються досліджуваною ознакою без застосування нових прийомів (засобів); N2 – кількість повторностей за досліджуваний період без застосування нових прийомів (засобів). Стимулюючі властивості проявляються при  $R > 0$ . Чим більша за нуль R, тим вищі стимулюючі властивості прийому (засобу). При  $R = 0$  – стимулюючі властивості відсутні, при  $R < 0$  – проявляється гальмуюча дія.

**Результати досліджень.** Отримані результати показали, що вимочування підщепних чубуків у водних розчинах суспензії живої хлорели загалом сприяло більш інтенсивному та рівномірному утворенню калусу. Порівняно з контролем (варіант 1) найкращі результати було отримано після вимочування компонентів щеп у розчинах суспензії *Chlorella vulgaris* Beijer., розведення 1:5 (варіант 5) (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив суспензії живої хлорели на регенераційну здатність компонентів щеп винограду  
(середнє за 2019–2022 рр.)

| Варіанти дослідів | Утворення калусу, % |              | Маса калусу, г |               | Обводнення калусу, % |
|-------------------|---------------------|--------------|----------------|---------------|----------------------|
|                   | кругове             | ¾ кола зрізу | вологого       | сухого        |                      |
| Добриня           |                     |              |                |               |                      |
| 1                 | 57,5                | 15,7         | 0,3124±0,010   | 0,0300±0,001  | 90,4                 |
| 2                 | 73,7                | 8,6          | 0,5147±0,018   | 0,0535±0,003  | 89,6                 |
| 3                 | 71,3                | 12,0         | 0,4284±0,012   | 0,0419 ±0,001 | 90,3                 |
| 4                 | 38,7                | 18,4         | 0,2055±0,010   | 0,0187±0,001  | 90,9                 |
| 5                 | 85,7                | 5,4          | 0,6037±0,016   | 0,0612±0,004  | 89,8                 |
| 6                 | 80,2                | 10,0         | 0,3851±0,011   | 0,0377±0,001  | 90,2                 |
| 7                 | 45,7                | 18,6         | 0,2139±0,009   | 0,0196±0,002  | 90,8                 |
| Р x P 101-14      |                     |              |                |               |                      |
| 1                 | 47,7                | 16,0         | 0,3693±0,012   | 0,0369±0,001  | 90,0                 |
| 2                 | 77,6                | 8,4          | 0,5380±0,018   | 0,0579±0,002  | 89,2                 |
| 3                 | 68,0                | 17,0         | 0,4027±0,009   | 0,0407 ±0,001 | 89,5                 |
| 4                 | 40,0                | 20,0         | 0,2458±0,009   | 0,0228±0,001  | 90,7                 |
| 5                 | 87,1                | 7,2          | 0,6108±0,020   | 0,0640±0,004  | 89,5                 |
| 6                 | 79,4                | 12,2         | 0,4113±0,019   | 0,0420±0,004  | 89,8                 |
| 7                 | 40,0                | 19,8         | 0,2227±0,010   | 0,0199±0,001  | 91,0                 |
| Б x P Кобер 5 ББ  |                     |              |                |               |                      |
| 1                 | 60,0                | 15,2         | 0,3772±0,011   | 0,0366±0,003  | 90,3                 |
| 2                 | 78,1                | 5,3          | 0,5685±0,014   | 0,0586±0,004  | 89,7                 |
| 3                 | 70,4                | 16,0         | 0,4200±0,010   | 0,0429±0,002  | 89,8                 |
| 4                 | 50,5                | 20,5         | 0,3369±0,010   | 0,0272±0,002  | 91,9                 |
| 5                 | 88,0                | 7,2          | 0,6274±0,015   | 0,0569±0,006  | 90,9                 |
| 6                 | 80,5                | 17,0         | 0,4771±0,010   | 0,0437 ±0,003 | 90,3                 |
| 7                 | 50,0                | 20,5         | 0,2332±0,010   | 0,0195±0,001  | 91,6                 |
| Ярило             |                     |              |                |               |                      |
| 1                 | 53,3                | 21,7         | 0,3015±0,011   | 0,0247±0,001  | 91,8                 |
| 2                 | 66,4                | 8,1          | 0,4999±0,011   | 0,0511±0,006  | 89,7                 |
| 3                 | 61,2                | 15,5         | 0,4055±0,011   | 0,0400±0,001  | 90,1                 |
| 4                 | 31,8                | 15,7         | 0,2100±0,010   | 0,0128±0,011  | 93,9                 |
| 5                 | 72,6                | 9,3          | 0,5115±0,016   | 0,0518±0,007  | 89,8                 |
| 6                 | 67,0                | 11,5         | 0,4691±0,015   | 0,0465±0,005  | 90,1                 |
| 7                 | 32,8                | 15,6         | 0,3001±0,012   | 0,0274±0,001  | 90,8                 |
| Оригінал          |                     |              |                |               |                      |
| 1                 | 55,0                | 20,0         | 0,3306±0,012   | 0,0271±0,001  | 91,8                 |
| 2                 | 70,5                | 10,0         | 0,5324±0,013   | 0,0553±0,008  | 89,6                 |
| 3                 | 65,0                | 12,0         | 0,5002±0,010   | 0,0468±0,005  | 90,6                 |
| 4                 | 30,0                | 15,0         | 0,3021±0,011   | 0,0280±0,002  | 90,7                 |
| 5                 | 77,8                | 8,0          | 0,6090±0,017   | 0,0631±0,008  | 89,6                 |
| 6                 | 68,8                | 10,0         | 0,5789±0,014   | 0,0561±0,004  | 90,3                 |
| 7                 | 35,0                | 15,0         | 0,3008±0,014   | 0,0299±0,001  | 90,2                 |

Так (у середньому за підщепними сортами), у цих варіантах 85,7–88,0% підщепних чубуків мали круговий калус і 5,4–7,2% підщепних чубуків характеризувалися 3/4 його розвитку по колу зрізу. За прищепними сортами 72,6–77,8% чубуків мали круговий калус, і 8,0–9,3% характеризувалися 3/4 його розвитку по колу зрізу. У порівнянні з контролем це на 28,0–39,4% (підщепні компоненти) та 19,3–22,8% (прищепні компоненти) більше за показником утворення кругового калусу.

У варіантах дослідів, де компоненти щеп вимочували у розчинах суспензії *Chlorella vulgaris* Beijer. + Gr розведення 1:5 (варіант 2), кількість чубуків із круговим калусом зменшувалася в середньому на 10,4% (підщепні компоненти) та на 6,8% (прищепні компоненти) порівняно з п'ятим варіантом. Проте в порівнянні з контролем нами відзначено більш високу інтенсивність процесу калусоутворення: кількість чубуків із круговим калусом була більшою за контроль у середньому на 21,4 та

14,2%. Але слід відзначити, що кількість чубуків із 3/4 калусу по колу зрізу порівняно з другим варіантом була майже однаковою, а з контролем зменшувалась на 9,0 та 12,2%.

Після вимочування підщепних компонентів у розчинах суспензії живої хлорели розведення 1:1 так само отримали відмінні від контролю результати після застосування штаму *Chlorella vulgaris* Beijer (шостий варіант). У середньому за підщепними сортами така різниця знаходилася у межах 20,5–31,7%, за прищепними – 13,7–13,8%. Вимочування в аналогічному розчині суспензії живої хлорели штаму *Chlorella vulgaris* Beijer., збагаченого германієм, було менш ефективним (третій варіант) порівняно з шостим варіантом, але відмінним від контролю: показник утворення кругового калусу був більшим за контроль на 7,9% у сорту Ярило, і на 10% – у сорту Оригінал. Слід зазначити, що зменшувалася і кількість компонентів, які характеризувалися утворенням калусу на 3/4 кола зрізу (у середньому за сортами на 18,2–28,6%).

У порівнянні з контролем та дослідними варіантами вимочування компонентів щеп винограду нерозведеною суспензією позитивних результатів не дало.

У розрізі сортів у найкращих варіантах (варіанти 5, 6 та 2, 3) найбільшою кількістю чубуків із круговим калусом характеризувалися сорти Добрина (71,3–85,7%), Б х Р Кобер 5 ББ (68,0–87,1%), Оригінал (65,0–77,8%) дещо їм поступалися сорти Р х Р 101-14 (70,4–88,0%) та Ярило (61,2–72,6%).

Для визначення інтенсивності калусогенезу щеп, чубуків винограду важливими показниками є маса калусу та загальне його обводнення. Вони характеризують структуру калусу, умови для утворення провідних судин ксилеми, зрощення компонентів. Їх визначення дало змогу стверджувати, що більш ефективним для вимочування компонентів щеп винограду є водні розчини (розведення 1:5) штаму суспензії *Chlorella vulgaris* Beijer. та *Chlorella vulgaris* Beijer. + Gr. Після вимочування підщепних чубуків винограду у розчинах *Chlorella vulgaris* Beijer. маса вологого калусу перевищувала контрольний показник на 93,2% (Добрина), 65,3% (Р х Р 101-14), 66,3% (Б х Р Кобер 5 ББ), після вимочування – у розчинах *Chlorella vulgaris* Beijer. + Gr маса вологого калусу перевищувала контрольний показник на 64,7% (Добрина), 45,6% (Р х Р 101-14), 50,6% (Б х Р Кобер

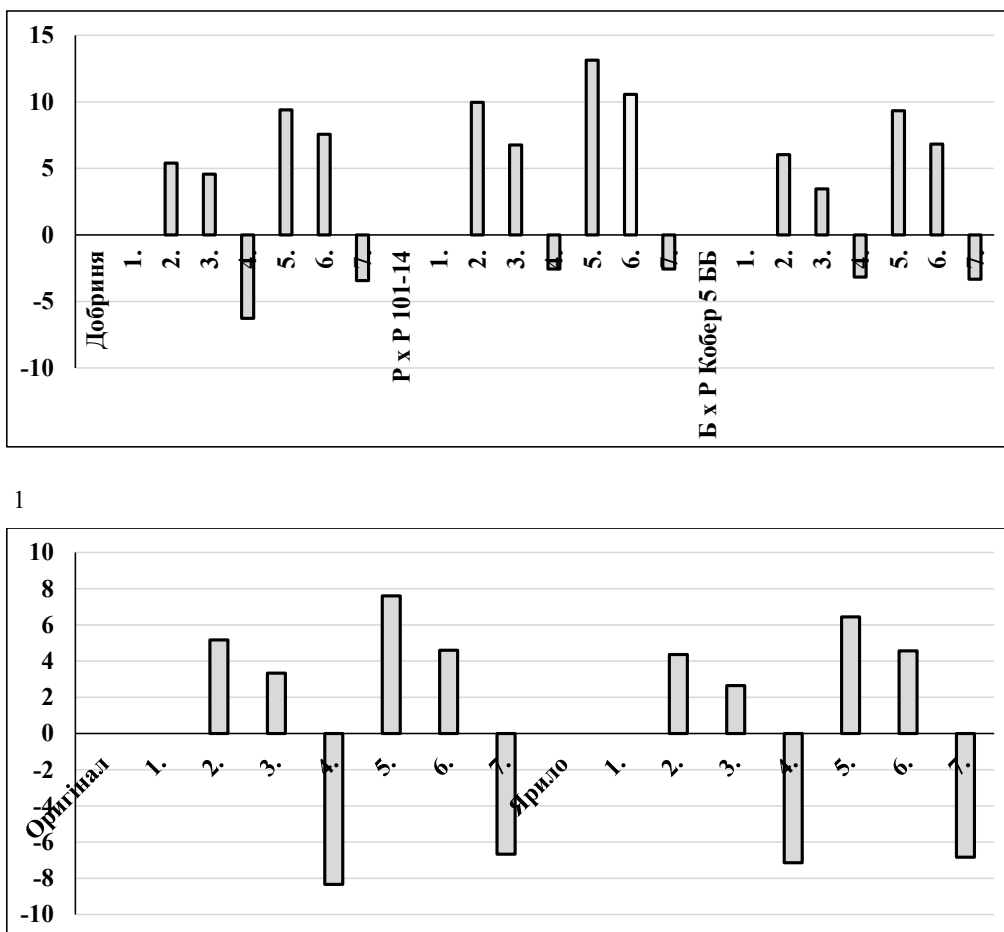


Рис. 1. Оцінка стимулюючої ефективності (R, %) суспензії живої хлорели на утворення кругового калусу підщепних (1) і прищепних (2) компонентів (середнє за 2019–2022 рр.)

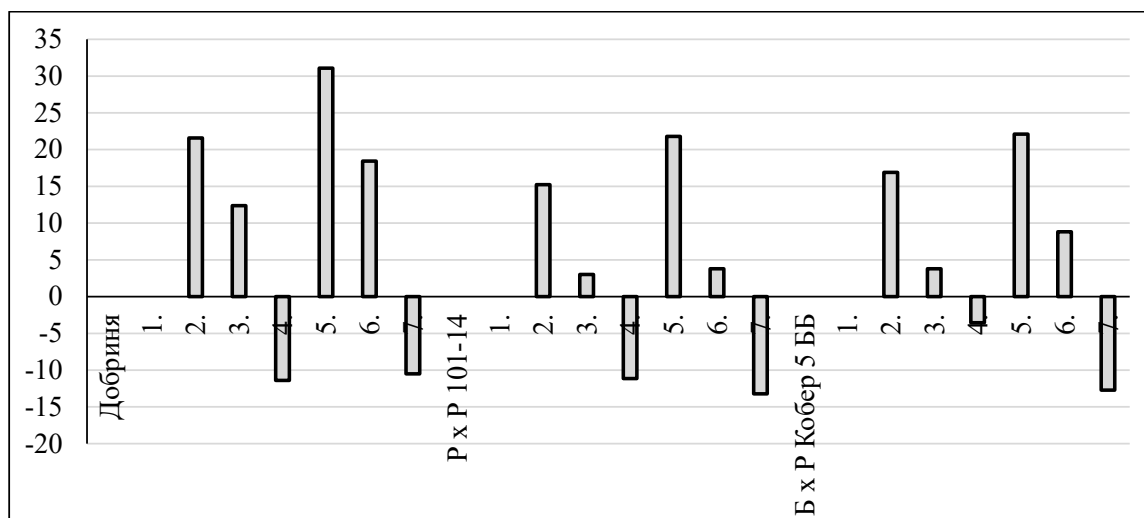


Рис. 2. Оцінка стимулюючої ефективності (R, %) суспензії живої хлорели на масу вологого калусу підщепних компонентів (середнє за 2019–2022 рр.)

5 ББ). Після вимочування прищепних чубуків винограду у розчинах *Chlorella vulgaris* Beijer. маса вологого калусу перевищувала контрольний показник на 69,7% (Ярило) і 84,2% (Оригінал); після вимочування – у розчинах *Chlorella vulgaris* Beijer. + Gr. цей показник перевищував контрольні значення на 65,8% (Ярило) і 61,0% (Оригінал).

Після застосування водних розчинів *Chlorella vulgaris* Beijer. та *Chlorella vulgaris* Beijer. + Gr. розведення 1:1 показники маси вологого та сухого калусу були меншими за вищенаведені для розведення 1:5, але також були достовірно більшими за контрольні. Так, різниця за масою вологого та сухого калусу між дослідними і контрольними варіантами дорівнювала 30,1% (вологий калус) і 32,7% (сухий калус) у сорту Добриня, 10,1% (вологий калус) і 12,1% (сухий калус) у сорту Р x Р 101-14 та 18,3% (вологий калус) і 21,9% (сухий калус) у сорту Б x Р Кобер 5 ББ. У сорту Ярило вона дорівнювала 45,0% (вологий калус) і 75,0% (сухий калус), у сорту Оригінал – відповідно 63,2% і 89,8%.

За показником загального обводнення калусу нами було відмічено його зменшення порівняно з контрольним значенням у абсолютних одиницях, у п'ятому, другому, шостому та третьому варіантах. Але така різниця не завжди була достовірною, у порівнянні як із контрольними, так і дослідними значеннями.

Отже, на основі вищенаведеного аналізу експериментальних даних можна стверджувати, що в цілому суспензія живої хлорели стимулювала утворення кругового калусу як на підщепних, так і на прищепних компонентах. Про це свідчить і визначена нами величина стимулюючої ефективності (R) (рис. 1).

Найбільшою була ця величина після застосування штаму *Chlorella vulgaris* Beijer. розведення 1:5. Так, у компонентів щеп п'ятого варіанту вона дорівнювала, у середньому за сортами, 9,18%. Після застосування розчину цього ж штаму розведення 1:1 (шостий варіант) вона зменшувалась до 6,87%. Після застосування розчину штаму *Chlorella vulgaris* Beijer. + Gr. розведення

1:5 та 1:1 стимулюючий ефект препарату зменшувався, величина стимулюючої ефективності знаходилася у межах 4,15 – 6,18%.

Після застосування нерозведених розчинів *Chlorella vulgaris* Beijer., *Chlorella vulgaris* Beijer. + Gr. у компонентів щеп винограду було відмічено гальмуючий ефект, що найімовірніше пов'язано з високою концентрацією фізіологічно активних речовин суспензії.

В аналогічній залежності була величина стимулюючої ефективності за показником маси калусу, який утворювався на зрізах компонентів щеп (рис. 2).

**Висновки.** У результаті проведених досліджень було встановлено стимулюючий ефект суспензії живої хлорели на калусогенну здатність підщепних і прищепних компонентів щеп винограду. Показано, що їх вимочування у розчинах *Chlorella vulgaris* Beijer., *Chlorella vulgaris* Beijer. + Gr. розведення 1:5 сприяло розвитку рівномірного, кругового (по колу зрізу) з більшою масою, калусу. Останні показники є головними для успішного зрощення компонентів щеп і формування єдиного, цілісного організму – щепленого саджанця винограду.

Подальші дослідження будуть спрямовані на вивчення агробіологічних показників росту та розвитку щеплених саджанців винограду після застосування *Chlorella vulgaris* Beijer., *Chlorella vulgaris* Beijer. + Gr. розведення 1:5 на етапі вимочування компонентів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Павленко С. Щеплені саджанці: переваги і недоліки. URL: <https://vinogradnikpavlenko.com.ua/ua/news/privivka-vinograda/privitye-sazhency-preimushchestva-i-nedostatki>.
2. Боровиков Г.А. Анатомия и физиология прививки у виноградной лозы. Харьков : Держсільгоспвидав, 1935. С. 53–56.
3. Шерер В.А., Гадиев Р.Ш. Применение регуляторов роста в виноградарстве и питомниководстве. Київ : Урожай, 1991. 112 с.
4. Кучер Г.М., Зеленянская, Н.Н., Новицкая Н.А. Применение физиологически активных веществ в

- виноградном питомниководстві. *Виноградарство и виноделие*. Одесса. 2006. № 3. С. 67–77.
5. Bartolini S., Carrozza G. P., Scalabrelli G., Toffanin A. Effectiveness of *Azospirillum brasilense* Sp 245 on young plants of *Vitis vinifera* L. *Open Life Sciences*. 2017. Vol. 12, № 1. P. 365–372 URL: <https://doi.org/10.1515/biol-2017-0042>.
  6. Розборська Л.В., Даценко А.А. Біологічно активні речовини в рослинництві: методичні рекомендації для виконання практичних робіт студентів факультету плодоовочівництва, екології та захисту рослин за спеціальністю 091 «Біологія». Умань, 2021. 58 с.
  7. Застосування біопрепаратів у виноградному розсадництві. <https://ogorodniki.com/>. URL: <https://ogorodniki.com/article/zastosuvannia-biopreparativ-u-vinogradnomu-rozsadnistvi>.
  8. Моргун с соавторами. Стимуляторы роста растений, фитогормоны как регуляторы роста растений. *Пропозиция*. URL: <https://propozitsiya.com/vliyanie-fitogormonov-na-stimulyaciyu-rosta-rasteniy> (дата звернення: 30.05.2022).
  9. Khan W., Rayirath U. P., Subramanian S., Jithesh M. N., Rayorath P., Hodges D. M., et al. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2009. Vol. 28, № 1. P. 386–399.
  10. Ronga D., Biazzi E., Parati K., Carminati D., Carminati E., Tava A. Microalgal biostimulants and biofertilisers in crop productions. *Agronomy*. 2019. Vol. 9, no. 4. P. 192.
  11. Використання суспензії хлорели для поліпшення технологій вирощування сільськогосподарських культур. Огородники: Международная Сеть Садоводов. URL: <https://ogorodniki.com/article/vikoristannia-suspenziyi-khloreli-dlia-polipshennia-tehnologii-viroshchuvannia-silskogospodarskikh-kultur> (дата звернення: 30.05.2022).
  12. Faheed F. A., Abd-El-Fattah Z., Effect of *Chlorella vulgaris* as bio-fertilizer on growth parameters and metabolic aspects of lettuce plant. *J. Agri. Soc. Sci*. 2008. Vol.4. P. 165–169.
  13. Eman A. A. M., Abdullah A. S. E., Ahmed M. A. The combined effect of some organic manures, mineral N fertilizers and algal cells extraction on yield and fruit quality of Williams banana plants. *American Eurasian J. Agric. & Environ. Sci*. 2008. Vol. 4. P. 417–426.
  14. Elhafiz A. A.; Elhafiz A. A.; Gaur S. S.; Hamdany N.; Osman M.; Lakshmi T. V. R. *Chlorella vulgaris* and *Chlorella pyrenoidosa* live cells appear to be promising sustainable biofertilizer to grow rice, lettuce, cucumber and eggplant in the UAE soils. *Recent Res. Sci. Technol*. 2015. Vol. 7. P. 14–21.
  15. Педоренко І.Ю., Чередниченко А.В., Шаламова О.І., Баланда О.В. Біостимулятори початкових етапів росту та розвитку однорічних квітничково-декоративних рослин. *Садівництво*. 2012. Вип. 66. С. 296–303.
  16. Agwa O. K., Ogugbue C. J., Williams E. E. Field evidence of *Chlorella vulgaris* potentials as a biofertilizer for *Hibiscus esculentus*. *Int. J. Agric. Res*. 2017. Vol. 12. P. 181–189. doi: 10.3923/ijar.2017.181.189.
  17. Kim M. J., Shim C. K., Ko B. G., Kim J. Effect of the Microalga *Chlorella fusca* CHK0059 on Strawberry PGPR and Biological Control of Fusarium Wilt Disease in Non-Pesticide Hydroponic Strawberry Cultivation. *J. Microbiol Biotechnol*. 2020, May 28. Vol. 30, no. 5. P. 708–716. doi: 10.4014/jmb.2001.01015. PMID: 32482936.
  18. Ghaderi adakani F., Collas E., Damiano D. K., Tagg K., Graham N. S., Coates J. C. Effects of green seaweed extract on *Arabidopsis* early development suggest roles for hormone signalling in plant responses to algal fertilisers. *Sci Rep*. 2019, Feb 13. Vol. 9, no. 1. P. 1983. doi: 10.1038/s41598-018-38093-2. PMID: 30760853; PMCID: PMC6374390.
  19. Abd-El-Moniem E., Abd-Allah A.S.E. Effect of green alga cells extract as foliar spray on vegetative growth, yield and berries quality of superior grapevines. *Am. Eur. J. Agric. Environ. Sci*. 2008. Vol. 4. P. 427–433.
  20. Tangolar S., Tangolar S., Alkan Torun A., Tarım, G., Ada, M., Aydın O., Kaçmaz S. The Effect of Microbial Fertilizer Applications on Grape Yield, Quality and Mineral Nutrition of Some Early Table Grape Varieties. *Selcuk Journal of Agricultural and Food Sciences*. 2019. Vol. 33, no. 2. P. 62–66. URL: <https://doi.org/10.15316/sjafs.2019.157>.
  21. Vessey J. K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil*. 2003. Vol. 255. P. 571–586.

#### REFERENCES:

1. Pavlenko S. Shchepleni sadzhantsi: perevahy i nedoliki. [Grafted seedlings: advantages and disadvantages] URL: <https://vinogradnikpavlenko.com.ua/ua/news/privivka-vinograda/privitye-sazhency-preimushchestva-i-nedostatki>. [in Ukrainian].
2. Borovykov H. A. (1935) *Anatomyia y fyzyolohyia pryvyvki u vynohradnoi lozy* [Anatomy and physiology of grape grafting]. Kharkov: Derzhsilhospyvdav, 53-56 [in Russian].
3. Sherer V. A., Hadyev R. Sh. (1991). *Prymenenye rehu-liatorov rosta v vynohradarstve y pytomnykovodstve* [Application of growth regulators in viticulture and nursery]. Kiev: Urozhai [in Russian].
4. Kucher, H. M., Zelenianskaia, N. N., Novytskaia–Borovskaia, N. A. (2006). *Prymenenye fyzyolohychesky aktyvnykh veshchestv v vynohradnom pytomnykovodstve* [The use of physiology active substances in grape nursery]. *Vynohradarstvo y vynorobstvo*, (43), 67-77 [in Russian].
5. Bartolini, S., Carrozza, G., Scalabrelli, G. and Toffanin, A. (2017) Effectiveness of *Azospirillum brasilense* Sp245 on young plants of *Vitis vinifera* L. *Open Life Sciences*, 12 ( 1), 365-372. <https://doi.org/10.1515/biol-2017-0042>
6. Rozborska L. V., Datsenko A. A. (2021). *Biolohichno aktyvni rehovyny v roslynnytstvi: Metodichni rekomendatsii dlia vykonannia praktychnykh robot studentiv fakultetu plodoovochivnytstva, ekolohii ta zakhystu roslin za spetsialnist 091* [Biologically active substances in crop production: Methodical recommendations for practical work of students of the Faculty of Horticulture, Ecology and Plant Protection for specialty "091" Biology]. Uman: «Biologiia» [in Ukrainian].
7. Naukovo-vyrobnycha kompaniia "Zhyva Khlorela". (2019, 31 lypnia). *Zastosuvannia biopreparativ u vynohradnomu rozsadnytstvi*. <https://ogorodniki.com/>. <https://ogorodniki.com/article/zastosuvannia-biopreparativ-u-vinogradnomu-rozsadnistvi>
8. *Morhun s soavtoramy. (2016, 12 serpnia). Stymuliatory rosta rastenyi, fytohormony kak rehu-liatory rosta rastenyi – Propozytsiia. Propozytsiia – Hlavnnyi zhurnal*

- po voprosam ahrobyznesa. <https://propozitsiya.com/vliyanie-fitogormonov-na-stimulyaciyu-rosta-rasteniy>
9. Khan, W., Rayirath, U., Subramanian, S., Jithesh, M., Rayorath, P., & Hodges et al, D. (2009). Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(1), 386–399.
  10. Ronga, D., Biazzi, E., Parati, K., Carminati, D., Carminati, E., Tava, A. (2019). Microalgal biostimulants and Biofertilisers in crop productions. *Agronomy*, 9(4), 192. <https://doi.org/10.3390/agronomy9040192>
  11. Naukovo-vyrobnycha kompaniia "Zhyva Khlorela". (2019a, 22 bereznia). Vykorystannia suspensii khlorela dlia polipshennia tekhnologii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur. <https://ogorodniki.com/article/vikorystannia-suspensii-ghlorela-dlia-polipshennia-tekhnologii-vyroshchuvannia-silskohospodarskykh-kultur>
  12. Faheed F. A., Abd-El-Fattah Z. (2008). Effect of *Chlorella vulgaris* as bio-fertilizer on growth parameters and metabolic aspects of lettuce plant. *J. Agri. Soc. Sci.*, 4, 165–169.
  13. Eman A. A. M., Abdullah A. S. E., Ahmed M. A. (2008). The combined effect of some organic manures, mineral N fertilizers and algal cells extraction on yield and fruit quality of Williams banana plants. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 4, 417–426.
  14. Elhafiz A. A.; Elhafiz A. A.; Gaur S. S.; Hamdany N.; Osman M.; Lakshmi T.V.R. (2015) *Chlorella vulgaris* and *Chlorella pyrenoidosa* live cells appear to be promising sustainable biofertilizer to grow rice, lettuce, cucumber and eggplant in the UAE soils. *Recent Res. Sci. Technol.* 7. 14–21.
  15. Pedorenko I. Yu., Cherednychenko A. V., Shalamova O. I., Balanda O. V. (2012). *Biostymulatory pochatkovykh etapiv rostu ta rozvytku odnorichnykh kvitnykovo-dekorativnykh roslyn* [Biostimulators in the initial stages of the annual ornamental plants growth and development]. *Sadivnytstvo*, (66), 296–303 [in Ukrainian].
  16. Agwa O. K., Ogugbue C. J., Williams E. E. (2017). Field evidence of *Chlorella vulgaris* potentials as a bio-fertilizer for *Hibiscus esculentus*. *Int. J. Agric. Res.*, 12, 181–189. doi: 10.3923/ijar.2017.181.189
  17. Kim M. J., Shim C. K., Ko B. G., Kim J. (2020). Effect of the Microalga *Chlorella fusca* CHK0059 on Strawberry PGPR and Biological Control of Fusarium Wilt Disease in Non-Pesticide Hydroponic Strawberry Cultivation. *J. Microbiol Biotechnol.*, 30 (5), 708–716. doi: 10.4014/jmb.2001.01015. PMID: 32482936.
  18. Ghaderi Ardakani F., Collas E., Damiano D. K., Tagg K., Graham N. S., Coates J. C. (2019). Effects of green seaweed extract on *Arabidopsis* early development suggest roles for hormone signalling in plant responses to algal fertilisers. *Sci Rep.* 2019, 9(1), 1983. doi: 10.1038/s41598-018-38093-2. PMID: 30760853; PMCID: PMC6374390.
  19. Abd-El-Moniem E., Abd-Allah A.S.E. (2008). Effect of green alga cells extract as foliar spray on vegetative growth, yield and berries quality of superior grapevines. *Am. Eur. J. Agric. Environ. Sci.* 2008, 4, 427–433.
  20. Tangolar S., Tangolar S., Alkan Torun A., Tarim, G., Ada, M., Aydın O., Kaçmaz S (2019). The Effect of Microbial Fertilizer Applications on Grape Yield, Quality and Mineral Nutrition of Some Early Table Grape Varieties. *Selcuk Journal of Agricultural and Food Sciences*, 33(2), 62–66. <https://doi.org/10.15316/sjafs.2019.157>.
  21. Vessey J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil*, 255, 571–586.
- Зеленянська Н.М., Мандич О.М. Вплив суспензії живої хлорели на регенераційні властивості компонентів щеп винограду**
- Метою** нашої роботи було встановити вплив суспензії живої хлорели на повноту та інтенсивність утворення калусної тканини на зрізах підщепних і прищепних компонентів щеп винограду. **Методи.** Дослідження проводили протягом 201–2022 рр. у відділі розсадництва, розмноження та біотехнології винограду Національного наукового центру «Інститут виноградарства і виноробства ім. В. Є. Таїрова» НААН України. Матеріалом для роботи були підщепні чубуки винограду сортів Р х Р 101-14, Б х Р Кобер 5 ББ, Добрина і прищепні чубуки сортів Оригінал, Ярило. Підщепні і прищепні чубуки вимочували у водних розчинах суспензії живої хлорели. Для роботи використовували штам *Chlorella vulgaris* Beijer., чистий та збагачений германієм. **Результати.** Показано, що вимочування чубуків у водних розчинах суспензії живої хлорели загалом сприяло більш інтенсивному та рівномірному утворенню калусу. Порівняно з контролем найкращі результати було отримано після вимочування компонентів щеп у розчинах суспензії *Chlorella vulgaris* Beijer., розведення 1:5. Так (у середньому за сортами), у цих варіантах 72,6 – 88,0% чубуків мали круговий калус. Після вимочування компонентів щеп у розчинах суспензії *Chlorella vulgaris* Beijer. + Gr розведення 1:5 кількість чубуків із круговим калусом зменшувалася в середньому на 6,8–10,4% порівняно з попереднім варіантом (*Chlorella vulgaris* Beijer., розведення 1:5), проте у порівнянні з контролем кількість чубуків із круговим калусом була більшою у середньому на 14,2–21,4%. У цих варіантах було відмічено і більшу масу вологого та сухого калусу. Вона перевищувала контрольні значення на 65,3–93,2% (підщепні компоненти) та на 65,8–84,2% (прищепні компоненти). Про переваги цих варіантів свідчить і показник стимулюючої ефективності, який визначали у роботі. **Висновки.** У результаті проведених досліджень було встановлено стимулюючий ефект суспензії живої хлорели на калусогенну здатність підщепних і прищепних компонентів щеп винограду. Показано, що їх вимочування в розчинах *Chlorella vulgaris* Beijer., *Chlorella vulgaris* Beijer. + Gr розведення 1:5 сприяло розвитку рівномірного, кругового (по колу зрізу) з більшою масою, калусу. Останні показники є головними для успішного зрощення компонентів щеп і формування єдиного, цілісного організму – щепленого саджанця винограду.
- Ключові слова:** підщепні компоненти, прищепні компоненти, круговий калус, маса калусу, *Chlorella vulgaris* Beijer., показник стимулюючої ефективності.
- Zelenyanska N.M., Mandych O.M. The effect of live *Chlorella* suspension on regenerative capacity of the components of grape grafting**
- Purpose.** Investigate the effect live *Chlorella* suspension on the completeness of the callus formation. **Methods.** The research was carried out in the Department of Nursery, Reproduction and Biotechnology of Grapes of the National Scientific Centre "V.Ye. Tairov Institute of Viticulture and Winemaking" NAAS. The subject of



the research were grape cuttings of rootstock varieties RR 101-14, Kober 5 BB, Dobrynia and grafted varieties Original, Yariło. The grape cuttings were soaked in aqueous *Chlorella* suspension solutions. Two *Chlorella* strains: pure and enriched with germanium were used in the work. **Results.** It is shown that the soaking of the grape cuttings in aqueous solutions of live *Chlorella* suspension generally induced intensive and uniform callus formation. The best results were obtained after treatment of *Chlorella vulgaris* Beijer. suspension diluted in the ratio 1:5 in comparison with control. In the above variants 72,6–88,0% grape cuttings had circular callus on average by varieties. The number of cuttings with circular callus was decreased on average by 6,8–10,4% as compared to previous variant (*Chlorella vulgaris* Beijer., diluted in the ratio 1:5), though the number of cuttings with circular callus was larger on average by 14,2 –

21,4% as compared to control. A larger weight of moist and dry callus was noted in these variants. The callus weight was 65,3 – 93,2% (rootstock cuttings) and 65,8 – 84,2% (grafted cuttings) more as compared to control. The factor of stimulating efficiency that was determined in research work confirms the advantages of these variants.

**Conclusions.** The stimulating effect of the live *Chlorella* on callus-producing ability of the grape components of grafting was established as a result of research. It is shown the soaking of grape cuttings in solutions of the both *Chlorella vulgaris* Beijer. strains, diluted in the ratio 1:5, induced growth of uniform circular callus with larger weight. The last factors are the main ones for successful grafting and formation of grape graft.

**Key words:** rootstock cuttings, graft cuttings, circular callus, callus weight, *Chlorella vulgaris* Beijer., the factor of stimulating efficiency.

## ЕКОНОМІЧНА ТА ЕНЕРГЕТИЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОЇ

**КВАСНИЦЬКА Л.С.** – кандидат сільськогосподарських наук,  
старший науковий співробітник  
[orcid.org/0000-0002-7925-2299](https://orcid.org/0000-0002-7925-2299)

Хмельницька державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кормів  
та сільського господарства Поділля Національної академії аграрних наук України

**ВЛАСЮК О.С.** – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник  
[orcid.org/0000-0001-7500-4119](https://orcid.org/0000-0001-7500-4119)

Хмельницька державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кормів  
та сільського господарства Поділля Національної академії аграрних наук України

**Постановка проблеми.** Соя належить до найпоширеніших культур світового землеробства. У насінні сої міститься більше 40% білка, який добре збалансований за амінокислотним складом, до 18% олії, 25–30% вуглеводів, різноманітний набір вітамінів і мінеральних речовин, що робить її чудовою альтернативою продуктам тваринного походження [1–3].

Важливою умовою вивчення адаптивних сортових технологій вирощування сої є вдосконалення сучасних та розроблення нових вітчизняних науково-технологічних заходів обробки насіння і посівів препаратами рістрегулюючої дії. Таке їх поєднання сприятиме конкурентоспроможності одержаної продукції сої на вітчизняному й зарубіжному ринках [4; 5].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Успіх застосування сучасних технологій вирощування сої залежить не просто від якісного та своєчасного виконання всього комплексу технологічних заходів, а значною мірою від конкретно взятого агротехнічного прийому, який повинен відповідати як агрокліматичним умовам, так і сортовим особливостям сої. На сьогодні перспективним у цьому напрямі є впровадження у виробництво рістрегулюючих речовин, які в низьких дозах і за порівняно невеликих їх витрат здатні підвищувати потенціал біологічної продуктивності рослин та впливати на інтенсивність і спрямованість фізіологічних процесів у їх організмі [6–8].

Регулятори росту рослин спроможні істотно збільшувати врожаї та покращувати якість продукції сільськогосподарських культур. Вони підвищують стійкість до несприятливих умов, зокрема підвищених температур, нестачі вологи, фітотоксичної дії пестицидів, ураження хворобами [9; 10].

Варто також зазначити, що величезна роль у життєдіяльності живих організмів відводиться мікроелементам, оскільки їх нестача призводить до значних збоїв у життєдіяльності рослин. Кожна культурна рослина використовує тільки ті мікроелементи, які їй потрібні, і в мінімальній кількості, проте їх нестача в поживному середовищі порушує обмін речовин, перебіг фізіолого-біологічних процесів та, як наслідок, знижує урожай і його якість [11; 12].

Вплив мікроелементів на підвищення кількості та якості врожаю полягає в тому, що за наявності потрібної їх кількості рослини можуть синтезувати потрібний

їм спектр ферментів. Їх застосування збільшує енергію проростання насіння та прискорює розвиток зародкових корінців, позитивно впливає на подальший ріст рослин, підвищує врожай сільськогосподарських культур, стійкість рослин до різних несприятливих факторів і збудників хвороб [13].

Доцільність технології вирощування сої в результаті її застосування визначається можливостями ефективного зменшення витрат на одиницю продукції, які ідентифікуються грошовим еквівалентом. Собівартість продукції формується на основі всіх матеріальних і трудових ресурсів, що використовуються як необхідні під час виконання всіх складових операційних елементів технології. Удосконалені проекти технології вирощування зернобобових культур, зокрема сої, поряд із забезпеченням вищого рівня врожайності та якості зерна мають характеризуватися такими економічними й енергетичними показниками, які переважали би контрольні, тим самим забезпечуючи конкурентоспроможність і рентабельність вирощеної продукції [14–16].

**Мета статті** – експериментально визначити ефективний набір мікродобрив і стимуляторів росту рослин за різних фонів живлення, які забезпечать підвищення економічної, енергетичної ефективності та конкурентоспроможності технології вирощування сої в умовах Правобережного Лісостепу.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження впливу різних технологічних прийомів (обробка насіння та посівів стимуляторами росту й розвитку рослин «Вимпел-К» та «Вимпел», комплексними універсальними мікродобривами «Оракул насіння» та «Оракул мультикомплекс», мікродобривами-компенсаторами «Оракул колофермин молібдену» та «Оракул колофермин бору» на різних фонах живлення) на показники економічної та енергетичної ефективності вирощування й конкурентоздатності посівів сої сорту Самородок проводилися у 2019–2020 рр. у польовому досліді Хмельницької державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кормів та сільського господарства Поділля Національної академії аграрних наук України. Повторність у досліді триразова. Облікова площа ділянки – 28 м<sup>2</sup>, загальна – 42 м<sup>2</sup>. Розміщення варіантів – систематичне.

Агрохімічна характеристика ґрунту: гумус (за Тюрнімом) – 2,8–2,9%; рН – 5,8–6,2; гідролітична кислот-

ність – 1,9–2,3 мг/екв. на 100 г; валові запаси азоту – 0,153–0,163%, фосфору – 0,136–0,149%; азот, що легко гідролізується, – 17–19,3 мг; рухомі форми фосфору та калію (за Чириковим) – 20,8–22,6 та 8–12 мг на 100 г відповідно.

Під час проведення досліджень використано загальнонаукові та спеціальні методи. Основний метод дослідження – польовий, який передбачав вивчення взаємодії об'єкта та предмета досліджень. Також використано порівняльно-розрахунковий метод для встановлення економічної, енергетичної ефективності та конкурентоздатності технологічних прийомів вирощування.

Економічна оцінка досліджуваних технологічних елементів вирощування сої проводилася на основі технологічних карт із використанням довідкового матеріалу «Технології та нормативи витрат на вирощування кормових і зернофуражних культур».

Енергетичну оцінку технологічних прийомів вирощування сої проводили за методикою О.К. Медведовського та П.І. Іваненка [14].

Оцінку конкурентоспроможності технології вирощування сої проводили за методикою А.Д. Гарькавого, В.Ф. Петриченка, А.В. Спіріна [15].

**Результати досліджень.** Виробничі витрати на вирощування сої відрізнялися за витратами на проведення досліджуваних варіантів передпосівної обробки насіння, позакореневого підживлення, кількості внесених комплексних мінеральних добрив. Встановлено, що виробничі витрати на вирощування насіння сої коливалися від 9361,0 грн/га до 13119,0 грн/га.

Найменшими вони були на дослідних ділянках, де не проведено внесення мінеральних добрив, – 9361,0–10479,0 грн/га. За внесення  $N_{10}P_{26}K_{26}$  загальні витрати зросли до 10706,0–11774,0 грн/га, за внесення  $N_{20}P_{52}K_{52}$  – до 12051,0–13119,0 грн/га.

Умовно чистий прибуток, отриманий з 1 га урожаю насіння від застосування препаратів для обробки насіння, комплексних мікродобрив, добрив-компенсаторів та стимулятора росту рослин, становив на контролі 7124,0–11950,0 грн, за внесення

Таблиця 1

## Економічна оцінка вирощування сої

| № | Варіант обробки                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Урожайність, т/га |                      |                      | Умовно чистий прибуток, грн/га |                      |                      | Рівень рентабельності, % |                      |                      |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|
|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | без добрив        | $N_{10}P_{26}K_{26}$ | $N_{20}P_{52}K_{52}$ | без добрив                     | $N_{10}P_{26}K_{26}$ | $N_{20}P_{52}K_{52}$ | без добрив               | $N_{10}P_{26}K_{26}$ | $N_{20}P_{52}K_{52}$ |
| 1 | Без обробки насіння та посівів                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1,35              | 1,84                 | 2,13                 | 6225                           | 10619                | 12623                | 66                       | 99                   | 105                  |
| 2 | Обробка посівів у фазу 2–3 справжніх листків препаратом «Вимпел»                                                                                                                                                                                                                                               | 1,44              | 1,99                 | 2,23                 | 7124                           | 12048                | 13651                | 75                       | 111                  | 112                  |
| 3 | Обробка насіння препаратом «Вимпел-К» + обробка посівів у фазу 2–3 справжніх листків препаратом «Вимпел»                                                                                                                                                                                                       | 1,64              | 2,09                 | 2,44                 | 9400                           | 13236                | 16027                | 99                       | 122                  | 131                  |
| 4 | Обробка насіння препаратами «Вимпел-К», «Оракул насіння», «Оракул колофермин молібдену»                                                                                                                                                                                                                        | 1,78              | 2,29                 | 2,57                 | 11131                          | 15615                | 17576                | 117                      | 144                  | 144                  |
| 5 | Обробка насіння препаратами «Вимпел-К», «Оракул насіння», «Оракул колофермин молібдену» + обробка посівів у фазу 2–3 справжніх листків препаратом «Вимпел»                                                                                                                                                     | 1,86              | 2,37                 | 2,67                 | 11934                          | 16457                | 18576                | 124                      | 150                  | 151                  |
| 6 | Обробка посівів у фазу бутонізації препаратами «Вимпел», «Оракул мультикомплекс», «Оракул колофермин молібдену», «Оракул колофермин бору»                                                                                                                                                                      | 1,67              | 2,15                 | 2,48                 | 9052                           | 13231                | 15836                | 89                       | 115                  | 123                  |
| 7 | Обробка посівів у фазу 2–3 справжніх листків препаратом «Вимпел» + обробка посівів у фазу початку бутонізації препаратами «Вимпел», «Оракул мультикомплекс», «Оракул колофермин молібдену», «Оракул колофермин бору»                                                                                           | 1,76              | 2,26                 | 2,57                 | 9908                           | 14331                | 16621                | 96                       | 123                  | 127                  |
| 8 | Обробка насіння препаратами «Вимпел-К», «Оракул насіння», «Оракул колофермин молібдену» + обробка посівів у фазу 2–3 справжніх листків препаратом «Вимпел» + обробка посівів у фазу початку бутонізації препаратами «Вимпел», «Оракул мультикомплекс», «Оракул колофермин молібдену», «Оракул колофермин бору» | 1,95              | 2,46                 | 2,80                 | 11950                          | 16922                | 19212                | 115                      | 144                  | 146                  |

$N_{10}P_{26}K_{26}$  – 12048,0–16922,0 грн, за внесення  $N_{20}P_{52}K_{52}$  – 13651,0–19212,0 грн (див. табл. 1).

Найвищі показники умовно чистого прибутку – 19212,0 грн/га – отримали за поєднання передпосівної обробки насіння з обробкою посівів у фазі 2–3 справжніх листків та початку бутонізації за внесення  $N_{20}P_{52}K_{52}$ .

Серед досліджуваних рівнів мінерального живлення найнижчі показники окупності 1 грн витрат отримали на фоні без добрив 1,66–2,15 грн.

Серед досліджуваних способів передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення посівів найвищі показники окупності 1 грн витрат на 1 га (2,50–2,51 грн) на фонах мінерального живлення спостережено у варіанті 5, де проведено обробку насіння препаратами «Вимпел-К» (0,5 л/т), «Оракул насіння» (1,0 л/т), «Оракул колофермин молібдену» (0,5 л/т) та обробку посівів у фазу 2–3 справжніх листків препаратом «Вимпел» (0,5 л/га).

Варто зазначити, що за різних фонів удобрення окупність 1 грн витрат на 1 га та рівень рентабельності були вищими порівняно з контролем на всіх досліджуваних варіантах передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення.

Застосування екологічно безпечних препаратів за різних фонів живлення забезпечило на посівах сої зни-

ження собівартості насіння сої на 3–23% за рівня рентабельності 75–151%.

На вирощування сої витрачається велика кількість поновлюваної та непоновлюваної енергії. Виробництво й ефективне використання енергії є однією з важливих проблем, яка поступово загострюється. Тому ефективне використання її необхідно розглядати як одну з важливих можливостей збільшення виробництва продукції за менших її витрат.

Низка вчених зазначають, що під час оцінювання технології вирощування будь-якої культури або окремих агротехнічних заходів важливо поєднувати економічний та енергетичний аналіз, що дає змогу не тільки порівняти грошовий ефект, а й розглянути енергетичні аспекти проблеми. Порівняльна оцінка витрат енергії на агротехнічні заходи дає можливість створювати технології вирощування культур, які здатні формувати високий урожай за мінімальних витрат енергетичних ресурсів.

Енергетична оцінка досліджуваних технологічних прийомів вирощування сої показала, що сукупні витрати енергії на 1 га під час вирощування сої становлять 20,58–27,20 ГДж/га залежно від варіанту дослідів.

Енергетичні витрати на вирощування сої коливалися в межах 20,58–20,86 ГДж/га на фоні без мінераль-

Таблиця 2

## Енергетична оцінка технологій вирощування сої

| Варіант | Без добрив                             |                                     |                                           | $N_{10}P_{26}K_{26}$                   |                                     |                                           | $N_{20}P_{52}K_{52}$                   |                                     |                                           |
|---------|----------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------|
|         | витрати енергії на вирощування, ГДж/га | енергетична цінність урожаю, ГДж/га | коефіцієнт енергетичної ефективності, Кее | витрати енергії на вирощування, ГДж/га | енергетична цінність урожаю, ГДж/га | коефіцієнт енергетичної ефективності, Кее | витрати енергії на вирощування, ГДж/га | енергетична цінність урожаю, ГДж/га | коефіцієнт енергетичної ефективності, Кее |
| 1       | 20,58                                  | 27,77                               | 1,35                                      | 23,77                                  | 37,85                               | 1,59                                      | 26,92                                  | 43,81                               | 1,63                                      |
| 2       | 20,61                                  | 29,83                               | 1,45                                      | 23,80                                  | 40,93                               | 1,72                                      | 26,95                                  | 45,87                               | 1,70                                      |
| 3       | 20,63                                  | 33,73                               | 1,63                                      | 23,82                                  | 42,99                               | 1,80                                      | 26,97                                  | 50,19                               | 1,86                                      |
| 4       | 20,68                                  | 36,61                               | 1,77                                      | 23,87                                  | 47,10                               | 1,97                                      | 27,02                                  | 52,86                               | 1,96                                      |
| 5       | 20,71                                  | 38,26                               | 1,85                                      | 23,90                                  | 48,75                               | 2,04                                      | 27,05                                  | 54,92                               | 2,03                                      |
| 6       | 20,73                                  | 34,35                               | 1,66                                      | 23,92                                  | 47,23                               | 1,97                                      | 27,07                                  | 51,01                               | 1,88                                      |
| 7       | 20,76                                  | 36,20                               | 1,74                                      | 23,95                                  | 46,49                               | 1,94                                      | 27,10                                  | 52,86                               | 1,95                                      |
| 8       | 20,86                                  | 40,11                               | 1,92                                      | 24,05                                  | 50,60                               | 2,10                                      | 27,20                                  | 57,60                               | 2,12                                      |

Таблиця 3

## Оцінка конкурентоздатності технологічних прийомів вирощування сої

| Варіант | Без добрив                         |                                   |                                     | $N_{10}P_{26}K_{26}$               |                                   |                                      | $N_{20}P_{52}K_{52}$               |                                   |                                     |
|---------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
|         | коефіцієнт енергетичної оцінки, Ке | коефіцієнт інтегральної оцінки, J | коефіцієнт конкурентоздатності, Кзд | коефіцієнт енергетичної оцінки, Ке | коефіцієнт інтегральної оцінки, J | коефіцієнт конкурентоздатності, Кздб | коефіцієнт енергетичної оцінки, Ке | коефіцієнт інтегральної оцінки, J | коефіцієнт конкурентоздатності, Кзд |
| 2       | 1,04                               | 1,07                              | 1,06                                | 1,04                               | 1,06                              | 1,05                                 | 1,02                               | 1,04                              | 1,03                                |
| 3       | 1,10                               | 1,25                              | 1,18                                | 1,07                               | 1,12                              | 1,10                                 | 1,07                               | 1,13                              | 1,10                                |
| 4       | 1,15                               | 1,39                              | 1,27                                | 1,12                               | 1,23                              | 1,18                                 | 1,10                               | 1,19                              | 1,15                                |
| 5       | 1,19                               | 1,44                              | 1,32                                | 1,14                               | 1,26                              | 1,20                                 | 1,12                               | 1,22                              | 1,17                                |
| 6       | 1,12                               | 1,18                              | 1,15                                | 1,12                               | 1,08                              | 1,10                                 | 1,08                               | 1,09                              | 1,09                                |
| 7       | 1,15                               | 1,23                              | 1,19                                | 1,11                               | 1,12                              | 1,12                                 | 1,10                               | 1,11                              | 1,11                                |
| 8       | 1,21                               | 1,37                              | 1,29                                | 1,16                               | 1,23                              | 1,20                                 | 1,15                               | 1,20                              | 1,18                                |

них добрив, тоді як за внесення  $N_{10}P_{26}K_{26}$  зростали до 23,77–24,05 ГДж/га, а за внесення  $N_{20}P_{52}K_{52}$  становили 26,92–27,20 ГДж/га (див. табл. 2).

Внесення мінеральних добрив у нормі  $N_{20}P_{52}K_{52}$  суттєво збільшувало витрати енергії (на 15–26%) через високу енергоємність добрив, проте не забезпечувало високий приріст урожаю та накопичення енергії, що призводило до незначного зниження енергетичного коефіцієнта порівняно з нормою  $N_{10}P_{26}K_{26}$ .

Витрати сукупної енергії найменшими були у варіанті 1 без обробки насіння, посівів і мінеральних добрив; у цьому ж варіанті найменше накопичено її в урожаї.

Коефіцієнт енергетичної ефективності мав значні коливання за рівнями мінерального живлення, способами передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення. За досліджуваними способами передпосівної обробки насіння й позакореневого підживлення найбільше зростання коефіцієнта енергетичної ефективності (до 2,12 умовних одиниць) спостережено у варіанті 8, де поєднували передпосівну комплексну обробку насіння та два позакореневі підживлення – у фазі 2–3 листків і на початку бутонізації.

Таким чином, порівняно з контролем коефіцієнт енергетичної ефективності зростав залежно від способів передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення на 0,10–0,57 умовних одиниць, за внесення  $N_{10}P_{26}K_{26}$  – на 0,13–0,51 умовних одиниць, за внесення  $N_{20}P_{52}K_{52}$  – на 0,07–0,49 умовних одиниць.

Для визначення конкурентоздатності технологічних елементів вирощування сої була проведена комплексна оцінка, яка передбачала визначення коефіцієнта енергетичної оцінки ( $K_e$ ), коефіцієнта інтегральної оцінки ( $J$ ) та коефіцієнта конкурентоздатності ( $K_{зд}$ ). Встановлено, що в досліджуваних варіантах величина коефіцієнта енергетичної оцінки становила  $K_e = 1,02$ – $1,21$  умовних одиниць, коефіцієнта інтегральної оцінки –  $J = 1,04$ – $1,44$  умовних одиниць, коефіцієнта конкурентоздатності –  $K_{зд} = 1,03$ – $1,326$  умовних одиниць, що більше порівняно з контролем (див. табл. 3).

Найвищі показники конкурентоздатності посівів сої сорту Самородок ( $K_e = 1,12$ – $1,19$  умовних одиниць,  $J = 1,22$ – $1,44$  умовних одиниць,  $K_{зд} = 1,17$ – $1,32$  умовних одиниць) отримали за поєднання передпосівної обробки насіння біологічно-активними препаратами «Вимпел-К», «Оракул насіння», «Оракул колофермин молібдену» з обробкою посівів у фазу 2–3 справжніх листків стимулятором росту рослин «Вимпел».

Проведення лише обробки посівів у фазу 2–3 справжніх листків стимулятором росту рослин «Вимпел» забезпечило найнижчі показники конкурентоздатності посівів сої:  $K_e = 1,02$ – $1,04$  умовних одиниць,  $J = 1,04$ – $1,07$  умовних одиниць,  $K_{зд} = 1,03$ – $1,06$  умовних одиниць.

**Висновки.** Встановлено, що застосування екологічно безпечних препаратів на посівах сої за різних фонів живлення збільшує умовно чистий прибуток із гектара на 8–92%, рівень рентабельності – на 7–59%, коефіцієнт енергетичної ефективності – на 4–42%.

Найвищий коефіцієнт конкурентоздатності посівів сої ( $K_{зд} = 1,17$ – $1,32$  умовних одиниць) забезпечило поєднання передпосівної обробки насіння біологічно

активними препаратами «Вимпел-К», «Оракул насіння», «Оракул колофермин молібдену» з обробкою посівів у фазу 2–3 справжніх листків стимулятором росту рослин «Вимпел».

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Адаптивна технологія вирощування сої у Східному Лісостепу України : монографія / Є.М. Огурцов, В.Г. Міхеев, Ю.В. Бєлінський, І.В. Клименко ; за ред. М.А. Бобро. Харків : ХНАУ, 2016. 268 с.
2. Соя: биология, производство, использование / под ред. Г. Сингха ; пер. с англ. Н.О. Лавской. Киев : Зерно, 2014. 656 с.
3. Бабич А.О. Сучасне виробництво і використання сої. Київ : Урожай, 1993. 432 с.
4. Іващенко О.О., Іващенко О.О. Проблеми стресів у рослин і способи їх розв'язання. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 7. С. 27–35. URL: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201907-04>.
5. Чорна В.М. Ефективність застосування регулятора росту хлормекват-хлорид при вирощуванні сої. *Корми і кормовиробництво*. 2017. Вип. 84. С. 126–131.
6. Василенко М.Г. Органо-мінеральні добрива і регулятори росту рослин в органічному землеробстві. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 2. С. 11–18. URL: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201702-02>.
7. Продуктивність сільськогосподарських культур залежно від рівня їх удобрення на дренажних органогенних ґрунтах / І.Т. Слюсар, В.Ф. Камінський, О.П. Соляник, В.О. Сербенюк. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 11(812). С. 5–15. URL: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202011-01>.
8. Вплив систем удобрення та догляду за посівами на продуктивність і якість зерна пшениці озимої / Л.Я. Лукашук, О.В. Курач, О.В. Сніжок, Л.І. Гук, А.В. Кучерова. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 10(811). С. 12–19. URL: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202010-02>.
9. Натале Д. Увеличить выгоды, связанные с использованием биостимуляторов. *Зерно*. 2015. № 12. С. 58–60.
10. Дульнев П. Наиболее эффективный агрозащит. *Агроном*. 2015. № 3. С. 56–57.
11. Микроэлементы в сельском хозяйстве / под ред. С.Ю. Булыгина. 3-е изд., перераб. и доп. Днепропетровск : Сич, 2007. 100 с.
12. Особливості забезпечення мікроелементами ґрунтів України / І.П. Яцук, В.М. Панасенко, А.С. Науменко, М.О. Венгліньський, Н.В. Годинчук. *Агроекологічний журнал*. 2015. № 4. С. 63–69.
13. Недільська У.І. Вплив мікроелементів на життєдіяльність рослин. *Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика* : збірник тез доповідей II Міжнародної наукової інтернет-конференції, м. Тернопіль, 20 листопада 2020 р. Тернопіль, 2020. С. 124–126.
14. Шевніков М.Я., Коблай О.О. Застосування біологічних, хімічних та фізичних засобів у технологіях вирощування сої і кукурудзи : монографія. Полтава : ФОП Крюков Ю.С., 2015. 258 с.
15. Колісник С.І., Кобак С.Я., Панасюк О.Я. Ефективність систем захисту сої від хвороб у короткоротаційних сівозмінах Лісостепу Правобережного. *Корми і кормовиробництво*. 2017. Вип. 84. С. 133–140.

16. Григор'єва О.М., Черячукін М.І., Алмаєва Т.М. Технологія вирощування сої з елементами біологізації в умовах ризикованого землеробства Правобережного Степу України. *Зернові культури*. 2020. Т. 4. № 1. С. 87–95. URL: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0110>.
17. Медведовський О.К., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ : Урожай, 1988. 206 с.
18. Гарькавий А.Д., Петриченко В.Ф., Спірін А.В. Конкурентоспроможність технологій машин: навчальний посібник. Вінниця : ВДАУ «Тірас», 2003. 68 с.

#### REFERENCES:

1. Bobro, M.A. (ed.) (2016). *Adaptyvna tekhnolohiia vyroshchuvannia soi u Skhidnomu Lisostepu Ukrainy: monohrafiia* [Adaptive technology of soybean cultivation in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine: monograph]. Kharkiv: KhNAU, 268 p. [in Ukrainian].
2. Singkh, G. (ed.) (2014). *Soya: biologiia, proizvodstvo, ispol'zovanie* [Soy: biology, production, use], transl. from English N.O. Lavskaya. Kyiv: Zerno, 656 p. [in Russian].
3. Babych, A.O. (1993). *Suchasne vyrobnytstvo i vykorystannia soi* [Modern production and use of soybeans]. Kyiv: Urozhai, 432 p. [in Ukrainian].
4. Ivashchenko, O.O., Ivashchenko, O.O. (2019). Problemy stresiv u roslin i sposoby yikh rozv'iazannia [Stress problems in plants and ways to solve them]. *Visnyk aharnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, no. 7, pp. 27–35. Retrieved from: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201907-04> [in Ukrainian].
5. Chorna, V.M. (2017). Efektyvnist zastosuvannia rehuliatora rostu khlormekvat-khloryd pry vyroshchuvanni soi [Efficacy of chlormequat chloride growth regulator in soybean cultivation]. *Kormy i kormovyrobnytstvo – Fodder and fodder production*, iss. 84, pp. 126–131 [in Ukrainian].
6. Vasylenko, M.H. (2017). Orhano-mineralni dobryva i rehulatory rostu roslin v orhanichnomu zemlerobstvi [Organo-mineral fertilizers and plant growth regulators in organic farming]. *Visnyk aharnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, no. 2, pp. 11–18. Retrieved from: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201702-02> [in Ukrainian].
7. Sliusar, I.T., Kaminskyi, V.F., Solianyuk, O.P., Serbeniuk, V.O. (2020). Produktivnist silskohospodarskykh kultur zalezno vid rinvnia yikh udobrennia na drenovanykh orhanohennykh gruntakh [Productivity of crops depending on the level of their fertilizer on drained organogenic soils]. *Visnyk aharnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, no. 11(812), pp. 5–15. Retrieved from: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202011-01> [in Ukrainian].
8. Lukashchuk, L.Ya., Kurach, O.V., Snizhok, O.V., Huk, L.I., Kucherova, A.V. (2020). Vplyv system udobrennia ta dohliadu za posivamy na produktyvnist i yakist zerna pshenytsi ozymoi [Influence of fertilizer and crop care systems on productivity and quality of winter wheat grain]. *Visnyk aharnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, no. 10(811), pp. 12–19. Retrieved from: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202010-02> [in Ukrainian].
9. Natale, D. (2015). Uvelichit' vygody, svyazannye s ispol'zovaniem biostimulyatorov [Increase the benefits associated with the use of biostimulants]. *Zerno – Grain*, no. 12, pp. 58–60 [in Russian].
10. Dulniev, P. (2015). Naiefektyvnishyi ahrozakhid [The most effective agricultural measure]. *Ahronom – Agronomist*, no. 3, pp. 56–57 [in Ukrainian].
11. Bulygin, S.Yu. (ed.) (2007). *Mikroelementy v sel'skom khozyaystve* [Trace elements in agriculture], 3<sup>rd</sup> ed. Dnepropetrovsk: Sich, 100 p. [in Russian].
12. Yatsuk, I.P., Panasenko, V.M., Naumenko, A.S., Venhlynskyi, M.O., Hodynchuk, N.V. (2015). Osoblyvosti zabezpechennia mikroelementamy gruntiv Ukrainy [Features of providing microelements of soils of Ukraine]. *Ahroekolohichniy zhurnal – Agroecological journal*, no. 4, pp. 63–69 [in Ukrainian].
13. Nedilska, U.I. (2020). Vplyv mikroelementiv na zhyttiedialnist roslin [Influence of microelements on plant life]. *Zbirnyk tez dopovidei II Mizhnarodnoi naukovoï internet-konferentsii "Suchasnyi stan nauky v silskomu hospodarstvi ta pryrodokorystuvanni: teoriia i praktyka"* – Collection of abstracts of the II International Scientific Internet Conference "Current state of science in agriculture and nature management: theory and practice" (Ternopil, November 20, 2020). Ternopil, pp. 124–126 [in Ukrainian].
14. Shevnikov, M.Ya., Koblai, O.O. (2015). *Zastosuvannia biolohichnykh, khimichnykh ta fizychnykh zasobiv u tekhnolohiiakh vyroshchuvannia soi i kukurudzy: monohrafiia* [Application of biological, chemical and physical means in soybean and corn cultivation technologies: monograph]. Poltava: FOP Kriukov Yu.S., 258 p. [in Ukrainian].
15. Kolisnyk, S.I., Kobak, S.Ya., Panasiuk, O.Ya. (2017). Efektyvnist system zakhystu soi vid khvorob u korotkorotatsiinykh sivozminakh Lisostepu Pravoberezhnoho [Efficiency of soybean protection systems against diseases in short-rotation crop rotations of the Right-Bank Forest-Steppe]. *Kormy i kormovyrobnytstvo – Fodder and fodder production*, iss. 84, pp. 133–140 [in Ukrainian].
16. Hryhorieva, O.M., Cheriachukin, M.I., Almaieva, T.M. (2020). Tekhnolohiia vyroshchuvannia soi z elementamy biolohizatsii v umovakh ryzykovanoho zemlerobstva Pravoberezhnoho Stepu Ukrainy [Technology of soybean cultivation with elements of biologization in the conditions of risky agriculture of the Right-Bank Steppe of Ukraine]. *Zernovi kultury – Grain crops*, vol. 4, no. 1, pp. 87–95. Retrieved from: <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0110> [in Ukrainian].
17. Medvedovskyi, O.K., Ivanenko, P.I. (1988). *Enerhetychnyi analiz intensyynykh tekhnolohii v silskohospodarskomu vyrobnytstvi* [Energy analysis of intensive technologies in agricultural production]. Kyiv: Urozhai, 206 p. [in Ukrainian].
18. Harkavyi, A.D., Petrychenko, V.F., Spirin, A.V. (2003). *Konkurentospromozhnist tekhnolohii i mashyn: navchalnyi posibnyk* [Competitiveness of technologies and machines: textbook]. Vinnytsia: VDAU "Tiras", 68 p. [in Ukrainian].

**Квасницька Л.С., Власюк О.С. Економічна та енергетична доцільність екологічно безпечних елементів технології вирощування сої**

**Мета статті** – експериментально визначити ефективний набір мікродобрив і стимуляторів росту рослин за різних фонів живлення, які забезпечать підвищення

економічної, енергетичної ефективності та конкурентоспроможності технології вирощування сої в умовах Правобережного Лісостепу.

**Методи.** Дослідження проводилося в польовому досліді Хмельницької державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту кормів та сільського господарства Поділля Національної академії аграрних наук України впродовж 2019–2020 рр. на чорноземі опідзоленому середньосуглинковому. У роботі застосовано польовий, підрахунково-ваговий, розрахунково-порівняльний методи та метод математичної статистики.

**Результати.** Найвищі показники умовно чистого прибутку (19212,0 грн/га) та коефіцієнта енергетичної ефективності (2,12 умовних одиниць) отримали за поєднання передпосівної обробки насіння стимулятором росту «Вимпел-К», комплексним мікродобривом «Оракул насіння», добривом-компенсатором «Оракул колофермин молібдену» з обробкою посівів у фазі 2–3 справжніх листків стимулятором росту рослин «Вимпел» та обробкою на початку бутонізації стимулятором росту рослин «Вимпел», комплексним мікродобривом «Оракул мультикомплекс» та добривами-компенсаторами «Оракул колофермин молібдену», «Оракул колофермин бору». Застосування екологічно безпечних препаратів на посівах сої за різних фонів живлення є конкурентоспроможним. Поєднання передпосівної обробки насіння стимулятором росту «Вимпел-К», комплексним мікродобривом «Оракул насіння», добривом-компенсатором «Оракул колофермин молібдену» з обробкою посівів у фазу 2–3 справжніх листків стимулятором росту рослин «Вимпел» забезпечило найвищі показники конкурентоздатності посівів сої:  $K_e = 1,12$ – $1,19$  умовних одиниць,  $J = 1,22$ – $1,44$  умовних одиниць,  $K_{зд} = 1,17$ – $1,32$  умовних одиниць.

**Висновки.** Встановлено, що застосування екологічно безпечних препаратів на посівах сої за різних фонів живлення збільшує умовно чистий прибуток із гектара на 8–92%, рівень рентабельності – на 7–59%, коефіцієнт енергетичної ефективності – на 4–42%. Найвищий коефіцієнт конкурентоздатності посівів сої ( $K_{зд} = 1,17$ – $1,32$  умовних одиниць) забезпечило поєднання передпосівної обробки насіння біологічно активними препаратами «Вимпел-К», «Оракул насіння», «Оракул колофермин молібдену» з обробкою посівів у фазу 2–3 справжніх листків стимулятором росту рослин «Вимпел».

**Ключові слова:** соя, стимулятор росту рослин, мікродобрива, економічна та енергетична оцінка, конкурентоздатність.

### **Kvasnitska L.S., Vlasuk O.S. Economic and energy feasibility of environmentally friendly elements of soybean growing technology**

The purpose of the article is to determine experimentally an effective set of microfertilizers and plant growth stimulants for different nutrient backgrounds, which will increase the economic, energy efficiency and competitiveness of soybean growing technology in the Right Bank Forest-Steppe.

**Methods.** The study was conducted in the field experiment of the Khmelnytsky State Agricultural Research Station of the Institute of Feed and Agriculture of Podillya of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine during 2019–2020 on chernozem podzolic medium loam. The paper uses field, calculation-weight, calculation-comparative methods and the method of mathematical statistics.

**Results.** The highest indicators of conditionally net profit (19212,0 UAH/ha) and energy efficiency ratio (2,12 conventional units) were obtained for the combination of pre-sowing seed treatment with growth stimulant "Vimpel-K", complex microfertilizer "Oracle Seeds", fertilizer-compensator "Oracle Colofermin Molybdenum" with treatment of crops in phases of 2–3 true leaves with plant growth stimulant "Vimpel" and treatment at the beginning of budding with plant growth stimulant "Vimpel", complex microfertilizer "Oracle Multicomplex" and compensatory fertilizers "Oracle Colofermin Molybdenum", "Oracle Colofermin Boron". The use of environmentally friendly drugs on soybean crops under different food backgrounds is competitive. The combination of pre-sowing treatment of seeds with growth stimulant "Vimpel-K", complex microfertilizer "Oracle Seeds", fertilizer-compensator "Oracle Colofermin Molybdenum" with treatment of crops in phase 2–3 true leaves with plant growth stimulant "Vimpel" provided the highest competitiveness:  $K_e = 1,12$ – $1,19$  conventional units,  $J = 1,22$ – $1,44$  conventional units,  $K_c = 1,17$ – $1,32$  conventional units.

**Conclusions.** It is established that the use of environmentally friendly drugs on soybean crops under different nutrient backgrounds increases the net profit by 8–92%, the level of profitability – by 7–59%, energy efficiency – by 4–42%. The highest coefficient of competitiveness of soybean crops ( $K_c = 1,17$ – $1,32$  conventional units) provided a combination of pre-sowing treatment of seeds with biologically active drugs "Vimpel-K", "Oracle Seeds", "Oracle Colofermin Molybdenum" with treatment of crops in phase 2–3 true leaves with plant growth stimulant "Vimpel".

**Key words:** soybean, plant growth stimulator, microfertilizers, economic and energy evaluation, competitiveness.

## СУЧАСНІ АДАПТИВНІ СИСТЕМИ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ПІД ПШЕНИЦЮ ОЗИМУ

**КИРИЛЮК В.П.** – кандидат сільськогосподарських наук  
[orcid.org/0000-0001-5771-8142](https://orcid.org/0000-0001-5771-8142)

Хмельницька державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кормів та сільського господарства Поділля Національної академії аграрних наук України

**КРИЧКІВСЬКИЙ В.М.** – науковий співробітник  
[orcid.org/0000-0002-2344-4394](https://orcid.org/0000-0002-2344-4394)

Хмельницька державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кормів та сільського господарства Поділля Національної академії аграрних наук України

**Постановка проблеми.** На тлі негативних наслідків глобальних змін клімату перед науковцями постає завдання з одночасного підвищення врожайності основних сільськогосподарських культур та їхньої стійкості щодо несприятливих чинників навколишнього середовища. Доцільність застосування певних елементів технології вирощування сільськогосподарських культур оцінюється врожайністю. Тому значної актуальності набувають дослідження з розроблення таких елементів технології вирощування рослин (зокрема, пшениці озимої), які дають змогу якомога повніше реалізувати потенціал продуктивності сучасних сортів за різних ґрунтових і погодних умов, а особливо сьогодні, коли внесення мінеральних добрив надто дороге.

Одним із пріоритетних напрямів сільськогосподарського виробництва є стабілізація та нарощування виробництва високоякісного продовольчого зерна, яке забезпечить продовольчу безпеку країни, підвищить її експортний потенціал. Важливу роль у вирішенні цього завдання відіграє підвищення врожайності пшениці озимої як основної зернової культури нашої держави. Поступові зміни клімату в бік потепління, яке відмічають останнім часом на території України [10], а також упровадження нових сортів пшениці озимої інтенсивного типу з високим генетичним потенціалом продуктивності, біологічні особливості яких ще не до кінця досліджені, спонукають аграрну науку до вдосконалення наявних і розроблення нових адаптивних технологій вирощування цієї культури [9; 11].

Нині в господарствах гостро стоїть проблема добрив. Залишення на полях нетоварної частини врожаю є одним із шляхів повернення елементів живлення у ґрунт. За даними вчених, заорювання 4 т/га соломи в ланці сівозміни соя – овес – кукурудза на зерно дає змогу компенсувати витрати азоту на формування врожаю на 43%, фосфору – на 35%, калію – на 90%, а також підвищує врожайність культур на 15% [15]. Однак рівень ефективності застосування побічної продукції та мінеральних добрив залежить від інших елементів технології вирощування, зокрема від основного обробітку ґрунту. Правильно підібрана система обробітку ґрунту забезпечує збереження й підвищення його родючості, запобігання дегредаційним процесам (ерозії, втраті гумусу), оптимізацію водного режиму та фізичних властивостей ґрунту.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сучасне землеробство України переходить до ощадливих технологій вирощування польових культур з акцентом на застосуванні ґрунтозахисного безполіцевого обробітку ґрунту [8]. Водночас безполіцевий обробіток сприймається вченими та практиками неоднозначно: з одного боку, це більш продуктивний і дешевий спосіб обробітку, який, зокрема, послаблює ерозійні процеси, зменшує втрати органічної речовини та вологи з ґрунту, а з іншого – його систематичне застосування призводить до підвищеної забур'яненості посівів і зменшує їхню продуктивність [6; 8].

Деякі дослідники стверджують, що в умовах ринкової економіки перевага в сільськогосподарському виробництві повинна належати маловитратним технологіям удобрення польових культур, а саме органічній, біологічній системам, які дають змогу отримати стабільні врожаї високої якості [12]. Науково обґрунтоване використання органічних і мінеральних добрив дає можливість різко підвищити врожайність культур, покращити якість сільськогосподарської продукції, підвищити стійкість рослин проти посухи, несприятливих умов перезимівлі [2]. Багато дослідників стверджує, що саме мінімальний обробіток ґрунту на тлі органо-мінеральної системи удобрення збільшує продуктивність сівозміни та вихід кормових одиниць з 1 га [13].

Отже, даних про варіанти удобрення культур та обробітку ґрунту в літературі багато, при цьому вони досить суперечливі. Сьогодні в землеробстві переважають короткоротаційні сівозміни, часто трапляються монокультури, спостерігається відсутність органічних добрив. Таке сільське господарство вимагає розроблення систем удобрення, які були би збалансованими за органічною речовиною та давали високу врожайність культур.

Що ж до способів реалізації, то в учених і виробників є декілька думок. Більшість дотримується традиційного способу обробітку, основою якого є оранка. Зростає кількість прихильників безполіцевого обробітку, який порівняно з оранкою менш енерговитратний [3; 4; 14]. Багато спеціалістів намагаються поєднати поліцевий спосіб обробітку ґрунту з безполіцевим з урахуванням зональних погоднокліматичних умов та біологічних вимог культур [1; 9].

**Метою статті** є вивчення впливу тривалого застосування систем основного обробітку ґрунту та удобрення на врожайність пшениці озимої.



**Матеріали та методика досліджень.** На Хмельницькій державній сільськогосподарській дослідній станції Інституту кормів та сільського господарства Поділля Національної академії аграрних наук України впродовж 2018–2021 рр. у стаціонарному досліді вивчали вплив принципово різних систем основного обробітку ґрунту та традиційної і нової систем удобрення на кількісні і якісні показники продуктивності сільськогосподарських культур. Дослідження проводили в 4-пільній сівоzmіні з таким чергуванням культур: соя, ячмінь ярий, гірчиця біла, пшениця озима. Агротехніка вирощування культур загальноприйнята для зони, за винятком основного обробітку ґрунту та удобрення. Дози добрив під пшеницю були такими: за мінеральної системи удобрення (фон 1) –  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ; за органо-мінеральної системи (фон 2) – солома гірчиці білої +  $N_{10}P_{30}K_{30}$ . Ґрунт – чорнозем опідзолений, середньосуглинковий. Вміст гумусу становив 2,62–3,12%, загального азоту – 0,150–0,163%, рухомих фосфатів – 125,0–196,1 мг на 100 г, калію – 65,0–72,0 мг на 100 г ґрунту; рН (сольове) – 6,0–6,5. Схема обробітку включала:

| Система основного обробітку ґрунту в сівоzmіні | Спосіб та глибина обробітку під пшеницю, см | Знаряддя       |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------|
| Полицева                                       | Оранка, 22–25                               | ПЛН-3-35       |
| Плоскорізна                                    | Плоскорізний, 22–25                         | КПГ-2-150      |
| Чизельна                                       | Чизельний, 22–25                            | ПЧ-2,5+ПСТ-2,5 |
| Дискова                                        | Дисковий, 10–12                             | БДТ-7          |

Розміщення ділянок – систематичне. Облікова площа ділянок – 40 м<sup>2</sup>, повторність досліду – чотириразова. Дослідження проводили за загальноприйнятими методиками [5; 7]. Агрометеорологічні умови характеризувалися істотним відхиленням від середньобагаторічних показників як за кількістю опадів, температурним режимом, так і за їх розподілом у період вегетації з тен-

денцією в бік зростання кількості опадів та температур, однак загалом вплив досліджуваних факторів спостерігався стабільно.

**Результати та їх обговорення.** Хоча зазначений стаціонарний дослід уже досить відомий (існує з 1989 р.), а отже, наявні досить цікаві дані, проте ми вирішили опублікувати урожайні дані лише за чотири останні роки (ротація), тому що вони відрізняються від попередніх не лише зростанням кількості опадів і температур, а й різкими їх перепадами в період вегетації. Однак фактор погоди поки що не керований людиною, тому варто звернути увагу на зазначене далі. У середньому за роки досліджень виявлено, що найвищу урожайність пшениці озимої (5,75 т/га) забезпечила плоскорізна система основного обробітку ґрунту на фоні органо-мінерального удобрення, що становило 0,12 т/га (2%) приросту до контролю (полицевої системи) (див. табл. 1). За чизельної та дискової систем отримали зниження урожайності порівняно з контролем на 1% та 2% відповідно. На фоні мінерального удобрення найвищу урожайність пшениці (5,38 т/га) отримали за чизельної системи основного обробітку ґрунту, що становило 0,17 т/га (3%) приросту порівняно з контролем. За плоскорізної системи отримали врожайність 5,33 т/га, або 0,12 т/га (2%) приросту порівняно з контролем, за дискової – 5,1 т/га (приріст – 0,11 т/га, або 2%).

Загалом на фоні органо-мінерального удобрення за всіх систем одержали приріст урожайності пшениці озимої до фону мінерального удобрення 4–8% (з найменшим значенням за чизельної та по 8% за всіх інших).

З огляду на те, що в результаті різниці врожайності культури між варіантами систем обробітку виявилася незначною та вищою між фонами удобрення, ми провели невеликий економічний аналіз (див. табл. 2). Найвищу рентабельність виробництва пшениці озимої (140%) забезпечила плоскорізна система основного обробітку ґрунту на фоні органо-мінерального удобрення. За чизельної рентабельність становила 134%, за полицевої – 133%, за дискової – 130%. За показни-

Таблиця 1

**Вплив систем основного обробітку ґрунту та удобрення на врожайність пшениці озимої (2018–2021 рр.)**

| Система обробітку (фактор А)            | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | Середня | ± до контролю |    | ± до фону 1 |   |
|-----------------------------------------|------|------|------|------|---------|---------------|----|-------------|---|
|                                         |      |      |      |      |         | т/га          | %  | т/га        | % |
| Мінеральне удобрення (фон 1) (фактор В) |      |      |      |      |         |               |    |             |   |
| Полицева (контроль)                     | 6,48 | 5,04 | 4,39 | 4,94 | 5,21    | -             | -  | -           | - |
| Плоскорізна                             | 5,58 | 5,98 | 4,27 | 5,47 | 5,33    | 0,12          | 2  | -           | - |
| Чизельна                                | 6,14 | 5,18 | 4,40 | 5,78 | 5,38    | 0,17          | 3  | -           | - |
| Дискова                                 | 6,01 | 5,88 | 4,07 | 4,43 | 5,10    | 0,11          | 2  | -           | - |
| Органо-мінеральне удобрення (фон 2)     |      |      |      |      |         |               |    |             |   |
| Полицева (контроль)                     | 5,64 | 6,46 | 4,72 | 5,68 | 5,63    | -             | -  | 0,42        | 8 |
| Плоскорізна                             | 5,54 | 7,04 | 4,51 | 5,91 | 5,75    | 0,12          | 2  | 0,42        | 8 |
| Чизельна                                | 5,93 | 5,75 | 4,63 | 6,02 | 5,58    | -0,05         | -1 | 0,2         | 4 |
| Дискова                                 | 5,61 | 6,39 | 4,88 | 5,11 | 5,50    | -0,13         | -2 | 0,4         | 8 |

|        |    |      |      |      |      |
|--------|----|------|------|------|------|
| НІР 05 | A  | 1,39 | 0,27 | 0,87 | 0,34 |
|        | B  | 0,98 | 0,81 | 0,55 | 0,22 |
|        | AB | 0,62 | 0,81 | 0,55 | 0,22 |

Таблиця 2

**Вплив систем основного обробітку ґрунту та удобрення на основні економічні показники виробництва пшениці озимої (середнє за 2018–2021 рр.)**

| Системи обробітку   | Виробничі витрати, грн/га |       | Умовно чистий прибуток, грн/га |       | Рентабельність, % |       |
|---------------------|---------------------------|-------|--------------------------------|-------|-------------------|-------|
|                     | Фон 1                     | Фон 2 | Фон 1                          | Фон 2 | Фон 1             | Фон 2 |
| Полицева (контроль) | 17790                     | 15637 | 16349                          | 20785 | 92                | 133   |
| Плоскорізна         | 17575                     | 15421 | 16985                          | 21589 | 97                | 140   |
| Чизельна            | 17655                     | 15502 | 17771                          | 20720 | 101               | 134   |
| Дискова             | 17521                     | 15367 | 15198                          | 20042 | 87                | 130   |

Примітка: фон 1 – мінеральне удобрення, фон 2 – органо-мінеральне удобрення

Таблиця 3

**Вплив систем основного обробітку ґрунту та удобрення на якість зерна пшениці озимої (середнє за 2018–2021 рр.)**

| Системи обробітку           | Натурна маса, г/л | Маса 1000, г | Склоподібність, % | Вміст клейковини, % |
|-----------------------------|-------------------|--------------|-------------------|---------------------|
| Мінеральне удобрення        |                   |              |                   |                     |
| Полицева                    | 749               | 48,9         | 35,9              | 23,8                |
| Плоскорізна                 | 747               | 47,8         | 38,4              | 23,4                |
| Чизельна                    | 743               | 48,4         | 31,5              | 22,5                |
| Дискова                     | 738               | 45,5         | 33,9              | 22,6                |
| Органо-мінеральне удобрення |                   |              |                   |                     |
| Полицева                    | 747               | 46,9         | 34,9              | 22,9                |
| Плоскорізна                 | 746               | 45,8         | 37,6              | 22,6                |
| Чизельна                    | 742               | 47,9         | 28,3              | 20,3                |
| Дискова                     | 736               | 45,3         | 29,5              | 21,7                |

ками економічної ефективності виробництва пшениці на фоні органо-мінерального удобрення всі системи основного обробітку виявилися більш ефективними, ніж найурожайніша на мінеральному фоні. Загалом за рентабельністю перевага фону органо-мінерального удобрення над мінеральним становила 33–43%. Основна причина цього – високі ціни на мінеральні добрива.

Хоча врожайність сільськогосподарських культур характеризує ефективність технології вирощування та зумовлює економічну доцільність виробництва, на останнє значний вплив чинять і показники якості продукції. Одним із найпоширеніших показників технологічних властивостей зерна є натурна маса. На величину натурнї впливають домішки, стан поверхні зерна, його форма, розміри, щільність, вологість, плівчастість, спілість, виповненість, маса 1000, вирівняність. У наших дослідженнях на фоні мінерального удобрення між варіантами систем обробітку максимальна різниця в натурній масі становила 11 г із найвищим показником (749 г) за полицевої системи та найнижчим (738 г) за дискової; на фоні органо-мінерального удобрення різниця між варіантами обробітку також становила 11 г із найвищим показником (747 г) за полицевої системи та найнижчим (736 г) за дискової (див. табл. 3). На фоні мінерального удобрення натурна маса зерна пшениці виявилася вищою порівняно з фоном з удобренням соломомою на 1–2 г. Отже, на обох фонах різниця в показниках натурнї зерна між варіантами обробітків виявилася вищою, ніж між удобренням. За обох систем удобрення залежно від систем основного обробітку

бітку відмічено зниження натурнї зерна зі зниженням урожайності культури.

Маса 1000 зерен на фоні мінерального удобрення виявилася найвищою (48,9 г) за полицевої системи, найнижчою (45,5 г) – за дискової. На фоні органо-мінеральної системи удобрення маса 1000 була найвищою (47,9 г) за чизельної системи, найнижчою (45,3 г) – за дискової. Різниця між варіантами обробітків на фоні мінерального удобрення становила 3,4 г, на фоні органо-мінерального – 2,6 г. Загалом за органо-мінеральної системи удобрення маса 1000 зерен пшениці озимої виявилася нижчою порівняно з фоном з мінеральним удобренням на 0,2–2,0 г. Отже, на обох фонах різниця в показниках маси 1000 зерен між варіантами обробітків виявилася вищою, ніж між удобренням. За обох систем удобрення залежно від систем основного обробітку відмічено зниження маси 1000 зерен зі зниженням урожайності культури.

На фоні мінерального удобрення найвищий процент склоподібних зерен (38,4) виявлено за плоскорізної системи, найнижчий (31,5) – за чизельної. На фоні органо-мінеральної системи удобрення процент склоподібних зерен також виявився найвищим (37,6) за плоскорізної системи, найнижчим (28,3) – за чизельної. Процент склоподібних зерен за органо-мінеральної системи удобрення виявився нижчим порівняно з мінеральним удобренням на 0,8 за плоскорізної системи та на 4,4 за дискової системи. Між варіантами систем обробітку на фоні мінерального удобрення максимальна різниця в показниках склоподібності становила 6,9%, на

фоні органо-мінерального удобрення – 6,6%. Тенденція розподілу кількості склоподібних зерен залежно від систем основного обробітку зберігалася на обох фонах удобрення.

На фоні мінерального удобрення найвищий вміст клейковини (23,8%) виявлено за полицевої системи обробітку, найнижчий (22,5%) – за чизельної. На фоні органо-мінеральної системи удобрення також найбільший вміст клейковини (22,9%) виявлено за полицевої системи, найменший (20,3%) – за чизельної. Між варіантами систем обробітку на фоні мінерального удобрення максимальна різниця у вмісті клейковини становила 1,3%, на фоні органо-мінерального удобрення – 2,6%. Тенденція розподілу кількості клейковини залежно від систем основного обробітку зберігалася на обох фонах удобрення з перевагою (на 0,8–2,2) мінерального удобрення над органо-мінеральним.

Отже, кращими якісними показниками зерна пшениці озимої були за мінерального удобрення, а стосовно основного обробітку ґрунту – за систем із найвищою урожайністю та збереженням тенденції розподілу якісних показників за обома фонами удобрення.

**Висновки.** Найвищу урожайність пшениці озимої (5,75 т/га) забезпечила плоскорізна система основного обробітку ґрунту на фоні органо-мінерального удобрення, що становило 0,12 т/га (2%) приросту порівняно з контролем (полицевою системою) та 0,42 т/га (8%) порівняно з аналогічною на фоні мінерального удобрення. Загалом на фоні органо-мінерального удобрення за всіх систем одержали приріст урожайності пшениці озимої до фону мінерального удобрення 4–8%.

Найвищу рентабельність (140%) виробництва пшениці озимої забезпечила плоскорізна система основного обробітку ґрунту на фоні органо-мінерального удобрення. Загалом за рентабельністю перевага фону органо-мінерального удобрення над мінеральним становила 33–43%.

Кращі показники якості зерна пшениці озимої були за мінерального удобрення, а стосовно основного обробітку ґрунту – за систем із найвищою урожайністю та збереженням тенденції розподілу якісних показників за обома фонами удобрення.

За показниками економічної ефективності та урожайності пшениці озимої плоскорізну систему основного обробітку на 22–25 см на фоні органо-мінерального удобрення із залишенням соломи попередника + N<sub>10</sub> на тону соломи та внесенням мінерального добрива в дозі N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> можна вважати перспективною та найбільш адаптованою до погодних умов, що спостерігаються останнім часом. Найближчими до неї є чизельна та полицева системи за згаданих умов.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Бондар Г.С. Володіння землею – велике благо і велика відповідальність. *Київська правда*. 2002. 16 квітня. С. 2.
2. Власюк П.А., Шедей Л.О., Лисовал П.З. Эффективность органо-минеральной системы удобрения в зерносвекловичном севообороте. Киев : Изд-во Украинской академии сельскохозяйственных наук, 1961. 154 с.

3. Дерт Р. Ситуация по общему земледелию в мире. *Тезисы докладов Международной конференции по технологии No-till*, п. Юбилейный, 2004 г. Юбилейный, 2004. С. 10–12.
4. Системы рационального землепользования / Э. Дики, П. Джаса, Д. Шелтон, Д. Сименс. *Системы и методы рационального землепользования*. Java Export – Import (США). 1999. С. 125–130.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва : Колос, 1979. 416 с.
6. Кирюшин В.И. Минимизация обработки почвы: перспективы и противоречия. *Земледелие*. 2006. № 5. С. 12–14.
7. Методичні рекомендації і програма досліджень по обробітку ґрунту / А.М. Малієнко та ін. Чабани, 2008. 88 с.
8. Медведєв В.В., Линдіна Т.Є. Наукові передумови мінімалізації основного обробітку ґрунту і перспективи його впровадження в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2001. № 7. С. 5–8.
9. Олійник К.М., Блажевич Л.Ю., Буслаєва Н.Г. Вплив технології вирощування на урожайність пшениці озимої в Північному Лісостепу. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН»*. 2018. Вип. 1. С. 15–22.
10. Тараріко Ю.О. Агrometeorологічні ресурси України та технології їх раціонального використання. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 3–4. С. 29–31.
11. Хромяк В.М., Наливайко В.В. Ризики ведення рослинництва в умовах Північно-східного Степу в зв'язку зі зміною клімату. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 9. С. 17–24.
12. Шедей Л.О., Акімова Р.В. Вирощування озимої пшениці за різних систем удобрення. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія «Агрохімія»*. 2009. № 2. С. 43–47.
13. Відтворення родючості ґрунтів у ґрунтозахисному землеробстві : наукова монографія / за ред. М.К. Шикולי. Київ : Оранта, 1998. 680 с.
14. Шикула М.К., Демиденко О.В. Саморегуляція родючості чорноземів в умовах ґрунтозахисного землеробства. *Вісник аграрної науки*. 2001. № 4. С. 125–130.
15. Effect of organic and mineral fertilizers on yield parameters and quality of wheat grain / S. Buranova, J. Cerny, K. Mitura, K. J. Lipinska, J. Kovarik, J. Balik. *Scientia agriculturae bohemia*. 2016. Vol. 47. P. 47–53.

#### REFERENCES:

1. Bondar, H.S. (2002). Volodinnia zemleiu – velyke blaho i velyka vidpovidalnist [Land ownership is a great good and a great responsibility]. *Kyivska pravda – Kyiv truth*, April 16, pp. 2 [in Ukrainian].
2. Vasyuk, P.A., Sheday, L.O., Lisoval, P.Z. (1961). *Effektivnost' organo-mineral'noy sistemy udobreniya v zernosveklavichnom sevooborote* [Efficiency of organic-mineral fertilizer system in grain-beet crop rotation]. Kyiv: Publishing House of the Ukrainian Academy of Agricultural Sciences, 154 p. [in Russian].
3. Derti, R. (2004). Situatsiya po obshchemu zemledeliyu v mire [The situation of general agriculture in the world]. *Tezisy dokladov Mezhdunarodnoy konferentsii po tekhnologii No-till – Abstracts of the International Conference on No-till Technology* (Yubileiny, 2004). Yubileiny, pp. 10–12 [in Russian].

4. Diki, E., Dzhasa, P., Shelton, D., Simens, D. (1999). Sistemy ratsional'nogo zemlepol'zovaniya [Systems of rational land use]. *Sistemy i metody ratsional'nogo zemlepol'zovaniya – Systems and methods of sustainable land use*, Jawa Export – Import (USA), pp. 125–130 [in Russian].
5. Dospekhov, B.A. (1979). *Metodika polevogo opyta [Field experiment methodology]*. Moscow: Kolos, 416 p. [in Russian].
6. Kiryushin, V.I. (2006). Minimizatsiya obrabotki pochvy: perspektivy i protivorechiya [Tillage minimization: prospects and controversies]. *Zemledelie – Agriculture*, no. 5, pp. 12–14 [in Russian].
7. Maliienko, A.M. et al. (2008). *Metodychni rekomendatsii i prohrama doslidzhen po obrobitku gruntu [Methodical recommendations and research program on tillage]*. Chabany, 88 p. [in Ukrainian].
8. Medvediev, V.V., Lyndina, T.Ye. (2001). Naukovi peredumovy minimalizatsii osnovnogo obrobitku gruntu i perspektivy yoho vprovadzhennia v Ukraini [Scientific preconditions for minimizing the main tillage and prospects for its implementation in Ukraine]. *Visnyk aharnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, no. 7, pp. 5–8 [in Ukrainian].
9. Oliinyk, K.M., Blazhevych, L.Yu., Buslaieva, N.H. (2018). Vplyv tekhnologii vyroshchuvannia na urozhainist pshe-nytsi ozymoi v Pivnichnomu Lisostepu [Influence of cultivation technology on winter wheat yield in the Northern Forest-Steppe]. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho naukovoho tsentru "Instytut zemlerobstva NAAN" – Collection of scientific works of the National Research Center "Institute of Agriculture NAAS"*, iss. 1, pp. 15–22 [in Ukrainian].
10. Tarariko, Yu.O. (2006). Ahrometeorologichni resursy Ukrainy ta tekhnologii yikh ratsionalnogo vykorystannia [Agrometeorological resources of Ukraine and technologies of their rational use]. *Visnyk aharnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, no. 3–4, pp. 29–31 [in Ukrainian].
11. Khromiak, V.M., Nalyvaiko, V.V. (2016). Ryzyky veden- nia roslynnytstva v umovakh Pivnichno-skhidnoho Stepu v zviazku zi zminoiu klimatu [Risks of crop production in the North-Eastern Steppe due to climate change]. *Visnyk aharnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, no. 9, pp. 17–24 [in Ukrainian].
12. Shediei, L.O., Akimova, R.V. (2009). Vyroshchuvannia ozymoi psheynytsi za riznykh system udobrennia [Growing winter wheat with different fertilizer systems]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho aharnoho uni- versytetu. Seriya "Ahrokhimiia" – Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Agrochemistry Series*, no. 2, pp. 43–47 [in Ukrainian].
13. Shykula, M.K. (ed.) (1998). *Vidtvorennia rodiuchosti gruntiv u gruntozakhsnomu zemlerobstvi: naukova monohrafiia [Reproduction of soil fertility in soil protec- tion agriculture: scientific monograph]*. Kyiv: Oranta, 680 p. [in Ukrainian].
14. Shykula, M.K., Demydenko, O.V. (2001). Samorehuliatsiia rodiuchosti chornozemiv v umovakh gruntozakhsnogo zemlerobstva [Self-regulation of chernozem fertility in the conditions of soil-protective agriculture]. *Visnyk aharnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, no. 4, pp. 125–130 [in Ukrainian].
15. Buranova, S., Cerny, J., Mitura, K., Lipinska, K.J., Kovarik, J., Balik, J. (2016). Effect of organic and min- eral fertilizers on yield parameters and quality of wheat grain. *Scientia agriculturae bohemia – Czech agricul- tural science*, vol. 47, pp. 47–53 [in English].

**Кирилюк В.П., Кричківський В.М. Сучасні адап- тивні системи основного обробітку ґрунту під пше- ницю озимую**

Наведено результати досліджень із вивчення впливу систем основного обробітку ґрунту та удобрення на вро- жайність та економічну ефективність виробництва пше- ниці озимої в зоні Лісостепу України з метою виявлення найбільш ефективної, адаптованої до природно-кліма- тичних умов, що спостерігаються останнім часом.

Дослідження проведені протягом 2018–2021 рр. у ста- ціонарному двофакторному польовому досліді, що вклю- чає 4 альтернативні системи основного обробітку ґрунту (поліцеву, плоскорізнну, чизельну, дискову) і дві системи удобрення, зокрема мінеральну (фон 1:  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) та орґано-мінеральну (фон 2: солома попередника +  $N_{10/T}P_{30}K_{30}$ ), у короткоротаційній 4-пільній сівоз- міні з таким чергуванням культур: соя, ячмінь ярий, гір- чиця біла, пшениця озима. Ґрунт – чорнозем опідзоле- ний, середньосуглинковий. Вміст гумусу – 2,62–3,12%, загального азоту – 0,150–0,163%, рухомих фосфору та калію – 125,0–196,1 та 65,0–72,0 мг на 1 кг ґрунту відпо- відно; рН (сольове) – 6,0–6,5. Розміщення ділянок – сис- тематичне. Облікова площа ділянки – 40 м<sup>2</sup>, повторність досліді – чотириразова.

Найвищу урожайність пшениці озимої (5,75 т/га) забезпечила плоскорізна система основного обробітку ґрунту на фоні орґано-мінерального удобрення, що ста- новило 0,12 т/га (2%) приросту порівняно з контролем (поліцевою системою) та 0,42 т/га (8%) до аналогічної на фоні мінерального удобрення. Загалом на фоні орґа- но-мінерального удобрення за всіх систем одержали приріст урожайності культури до фону мінерального удобрення 4–8%.

За показниками економічної ефективності та вро- жайності пшениці озимої плоскорізнну систему основ- ного обробітку на 22–25 см на фоні орґано-мінераль- ного удобрення із залишенням соломи попередника +  $N_{10/T}P_{30}K_{30}$  соломи та внесенням мінерального добрива в дозі  $N_{30}P_{30}K_{30}$  можна вважати перспективною та найбільш адаптованою до погодних умов, що спостерігаються останнім часом. Найближчими до неї є чизельна та поліцева системи за згаданих умов.

**Ключові слова:** ефективність, урожайність, удо- брення, орґано-мінеральне удобрення.

**Kyryliuk V.P., Krychivskiy V.M. Modern adaptive systems of basic tillage for winter wheat**

The results of research on the impact of systems of basic tillage and fertilizers on the yield and economic efficiency of winter wheat production in the Forest-Steppe zone of Ukraine to identify the most effective, adapted to natural and climatic conditions in recent years.

The research was conducted during 2018–2021 in a stationary two-factor field experiment, which includes 4 alternative systems of basic tillage (shelf, flat, chisel, disk) and two fertilizer systems, including mineral (background 1:  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) and organo-mineral (background 2: predecessor straw +  $N_{10/T}$  of straw +  $N_{30}P_{30}K_{30}$ ) in short- rotation 4-field crop rotation with the following crop rotation:

soybean, spring barley, white mustard, winter wheat. Soil – chernozem podzolic, medium loam. The content of humus – 2,62–3,12%, total nitrogen – 0,150–0,163%, mobile phosphorus and potassium – 125,0–196,1 and 65,0–72,0 mg per 1 kg of soil, respectively; pH (salt) – 6,0–6,5. Location of plots – systematic. The estimated area of the site is 40 m<sup>2</sup>, the repetition of the experiment is four times.

The highest yield of winter wheat (5,75 t/ha) was provided by the flat-cut system of basic tillage against the background of organo-mineral fertilizer, which amounted to 0,12 t/ha (2%) increase to control (shelf system) and 0,42 t/ha (8%) to similar on the background of mineral

fertilizers. In general, against the background of organo-mineral fertilizer for all systems received an increase in crop yield to the background of mineral fertilizer 4–8%.

According to the indicators of economic efficiency and yield of winter wheat flat-cut system of basic cultivation of 22–25 cm on the background of organo-mineral fertilizer with the predecessor straw + N<sub>10t</sub> of straw and mineral fertilizer at a dose of N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub> can be considered promising and most adapted to weather conditions are formed in recent years. The closest to it are the chisel and shelf systems under the mentioned conditions.

**Key words:** efficiency, productivity, fertilizer, organo-mineral fertilizer.

## **INFLUENCE OF MICROFERTILIZERS AND BACTERIAL PREPARATIONS ON THE PRODUCTIVITY OF WINTER BARLEY IN THE SOUTHERN STEPPE OF UKRAINE**

**KOVALENKO O.A.** – Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor  
*orcid.org/0000-0002-2724-3614*  
Mykolaiv National Agrarian University

**Problem statement.** Improving the technology of growing winter barley and introducing appropriate agricultural measures that ensure the profitability of the crop and its environmental friendliness is relevant and of great practical importance. One of these techniques is the use of growth-regulating substances. However, the new synthetic and natural preparations currently proposed for production require comprehensive verification. The scope of possible use of such preparations is determined by the effectiveness of their action, as well as biological, technological, environmental and economic assessments. The information obtained in such experiments will allow us to conduct an objective comparison of the proposed preparations in specific soil and climatic conditions and develop a technology for their application.

Thus, our task was to study the effect of microfertilizers and bacterial preparations together with chemical mordants in the cultivation of winter barley in the soil and climatic conditions of the southern steppe zone of Ukraine. The obtained data will make it possible to clarify and recommend to production effective and environmentally friendly preparations that ensure high and stable grain yields of this crop in the current economic conditions.

For the first time, the features of growth and development of winter barley plants and the regularities of crop formation depending on the inoculation of seeds with microfertilizers, biologics, chemical plant protection products, their mixtures and meteorological conditions of the growing area were established.

To guarantee the nutritional regime of the soil, when changing hydrometeorological parameters, the use of trace elements and bacterial preparations for balanced plant nutrition is of particular importance.

**Analysis of recent research and publications.** Microelements, as chemical elements that ensure the normal passage of all physiological processes of vital activity of the plant organism, are used in small quantities compared to the main nutrients. Lack of iron, boron, cobalt, zinc, copper does not lead to plant death and it is most often detected on crops late, but it causes a decrease in the speed and consistency of biochemical and physiological processes, which ultimately reduces the yield and worsens its quality [1]. The positive effect of trace elements is that they take part in redox processes, carbohydrate and nitrogen metabolism, increase the resistance of plants to diseases and adverse environmental conditions. Under the influence of trace elements in the leaves of plants, the content of chlorophyll increases, photosynthesis improves, and the assimilation activity of the entire plant increases [2].

Foliar top dressing of agricultural crops has become particularly widespread in recent years, primarily due to its high economic profitability. Among grain crops, barley is most sensitive to a lack of copper and boron, and a lack of manganese is often observed on alkaline soils [1; 2]. The need for trace elements in barley increases especially strongly with the introduction of increased doses of phosphorus and potassium. This is due to the fact that when high doses of phosphorus are applied, the availability of zinc and high doses of potassium – boron to barley plants decreases [3].

Manganese has a direct inhibitory effect on the growth of fungal pathogens, especially powdery mildew of winter barley, and also contributes to the production of lignin and suberin, which gives plant cells resistance to infection. However, a deficiency of this trace element leads to the accumulation of nitrate nitrogen in the leaves, which, in turn, reduces the immunity of crop plants to diseases such as rust and mold [4].

An important trace element for winter barley plants is copper, the lack of which coincides with a lack of zinc, and on sandy soils also with a lack of magnesium. A characteristic feature of the action of copper is that this trace element increases the resistance of plants against fungal and bacterial diseases, that is, it reduces the incidence of grain crops with various types of smut, increases the resistance of plants to brown spotting [5].

The use of cobalt in the form of fertilizers for winter barley crops also increases its yield, since due to its positive effect, favorable conditions are created for respiration and energy metabolism, as well as protein biosynthesis of nucleic acids [6, p. 13–35].

In addition to affecting the yield of winter barley grain, trace elements also affect its structure. The use of zinc, manganese, copper and boron increases the mass of 1000 barley seeds, increases the germination rate of its seeds, overall and productive bushiness, and resistance to adverse factors [7].

One of the indicators of the degree of supply of plants with trace elements is their content in the soil, and it is very important to know not the total number of individual trace elements, but the availability of available forms that determine their availability for plants. The volume of content of available forms, most often for Cu, Mo, Co, Zn, does not exceed 10–15% of their gross reserves, and for B it does not exceed 2–4%. The mobility of trace elements in the soil is determined by its type, the nature of parent rocks and vegetation, as well as the microbiological activity of the soil.

Some authors who have studied the mobility of trace elements in the soil indicate a change in their content depending on the time of sampling for analysis [8; 9]. These fluctuations can be quite large, as a result of which the soil at different times the availability of available forms of trace elements varies widely. Not the least role in these processes is played by the dynamics of soil moisture, due to changes in the intensity of absorption of trace elements by the soil, the rate of their release into the soil solution. The type of soil, as well as its water-physical characteristics, also determine the effectiveness of the applied trace elements. In areas with a significant deficiency of trace elements, their introduction can contribute to an increase in crop yields by an average of 10–15% [5]. Cereals also respond positively to the introduction of manganese, increasing the yield of winter wheat by 0,15–0,3 t/ha, and the yield of winter barley by 0,3–0,45 t/ha [1; 3].

Many microfertilizers are also enriched with microbial coenoses for better efficiency and regulation of plant growth. The nature of the effect of microorganisms on plants also has a stimulating effect. It occurs due to the production of physiologically active substances as plant growth regulators of various chemical nature. Plant growth regulators, both natural and synthetic compounds, are widely used for processing plants in order to improve the quality of plant material, increase yield, facilitate its collection and storage [10; 11, p. 44; 12, p. 111].

Significant differences in the yield increases and their absence are observed when using plant growth regulators and bacterial preparations. Obviously, the reason for such discrepancies is different agricultural backgrounds, varietal sensitivity of crops, the influence of climatic factors, etc. [12, p. 111]. It is noted [13] that *Azospirillum spp.*, *Bacillus spp.*, *Pseudomonas putida*, *P. fluorescens* synthesize growth regulators and enzymes. When inoculated with these strains, the yield of plants improved.

Bacteria from the genus *Pseudomonas* showed a positive effect on the growth and development of plants, their yield during pre-sowing inoculation of wheat, corn and other plant seeds [14; 15].

A method has been patented that provides for the treatment of grain seeds before sowing with *Arthrobacter bacteria* or filtrate of the culture of these bacteria [15]. The method is developed using barley seeds. The method allows you to stimulate the growth of grain roots without mechanical impact and the use of chemicals, is not associated with high costs and ensures the stability of stimulation.

Yu.A. Shamardina notes that the use of preparations based on humic acids in spring barley crops increased the energy of seed germination, field germination, general and productive bushiness, affected the lake content of the ear and the mass of 1000 grains, increased the growth rate of leaf surface area during the growing season and the photosynthetic potential of crops, contributed to an increase in the duration of the assimilation apparatus [16]. The most effective way to use preparations based on humic acids was to spray barley crops in the tillering phase – at the beginning of stooling. Carrying out this method increased the yield of barley by 4,9–6,4 c/ha, while when they were applied to the soil for pre-sowing cultivation, the gains amounted to

2,1–3,6 c/ha, and when processing seeds it amounted to 4,1–5,6 c/ha.

Yu.V. Shurekov in his research determined that the yield of winter barley from the use of growth regulators increased by 0,19–0,24 t/ha, with a yield of 1,76 t/ha under control [17]. The maximum increase was observed in the Gumi variant with pre-sowing seed treatment as 13,64% compared to the control.

Thus, the analysis of literature sources shows that in the conditions of the south of Ukraine it is possible to obtain high and stable yields of winter barley grain, but a more complete and rational use of the agroecological potential of the zone of its cultivation is possible only with the improvement of existing elements of crop cultivation technology, and therefore the study of the influence of the use of microfertilizers, plant growth regulators or their mixtures on crop productivity is relevant.

**Purpose of work.** The goal of the scientific study was to establish the effect of inoculation of seed material with microfertilizers, plant growth stimulants, bacterial preparations and chemical mordants on biometric indicators, photosynthetic productivity and yield of winter barley grain when grown in the southern steppe of Ukraine.

**Materials and methods of research.** According to agroclimatic zoning, the territory of the farm belongs to the third Southern agroclimatic region, which is characterized by hot, very arid climatic conditions. Given this, special attention should be paid to the moisture supply of plants during the growing season. Reserves of productive moisture in the meter – long soil layer at the beginning of the spring growing season are 110–160 mm, the amount of precipitation during the growing season is 220–270 mm.

The soil of the experimental field is represented by Southern chernozem, heavy loamy, low-humus, residual solonetz on the loesses. A characteristic feature of these soils is the small thickness of the humus horizon (up to 36 cm). At a depth of 60–70 cm lies a carbonate rock. Accumulation of carbon dioxide Ca and Mg is observed in the form of white spots. The soil profile is differentiated into the upper humus horizon, the upper and lower transition horizons to the parent rock, and directly to the parent rock. The humus horizon has a dark gray color, loose, dusty-lumpy, heavy loamy. The transition between horizons is gradual. The average content of humus in the arable (0–30 cm) soil layer is 3,2% (by Tyurin), content of nitrate nitrogen is 0,17–1,35 (using an ion-selective electrode), content of mobile phosphorus is 3,19–4,05 (by Machigin), content of exchange potassium is 22,0–32,0 mg per 1 kg of soil (by Huseynov and Protasov). According to the content of mobile nutrients, the soil of the experimental site is characterized by an insufficient content of mobile nitrogen, an increased content of mobile phosphorus and a high content of mobile potassium.

The agricultural technique of growing crops in the experiment was generally recognized for the steppe of Ukraine. Winter barley was placed on peas. The main tillage was carried out by peeling stubble by 6–8 cm (LDH-15). After 14 days, plowing was used to a depth of 25–27 cm. Next, cultivation was performed and harrowed with heavy tooth harrows. On the day of sowing, one pre-sowing cultivation was

carried out to a depth of 6–8 cm with simultaneous harrowing with light harrows. For pre-sowing cultivation, a complete mineral fertilizer was applied at a dose of  $N_{30}P_{30}K_{30}$ . Before sowing, the seeds were etched with preparations according to the experiment scheme. Immediately after cultivation, winter barley was sown in the usual lowercase way. The seeding rate was 4 million tons seeds per 1 ha with seed embedding to a depth of 5–7 cm. Sowing was carried out using a SZ-3,6 seed drill to increase field germination and friendly seed germination, post-sowing rolling of crops was carried out with Ring-spur rollers (ZKKS-6). Barley was collected in the phase of waxy ripeness, using direct combining. After harvesting, the grain was cleaned and dried on the current.

Field experiments were conducted in accordance with the generally accepted methodology of the field experiment and they were conducted during 2019–2021 years. The influence of chemical, biological preparations and micro-fertilizers on the productivity of winter barley was studied in experiments [2]. In the studies, the Deviaty Val winter barley variety was sown. The area of the sown area was 72 m<sup>2</sup>, the accounting area was 36 m<sup>2</sup>, the repetition was three times.

The experiment scheme included the following variants:

- 1) control (water treatment 10 l/t);
- 2) seed Oracle + Vitavax 200FF (0,5+2,5 l/t) + water (7 l/t);
- 3) Reakom + Vitavax 200FF (3,0+2,5 l/t) + water (4,5 l/t);
- 4) Rostok + Vitavax 200FF (3,0+2,5 l/t) + water (4,5 l/t);
- 5) Quantum cereals + Vitavax 200FF (3,0+2,5 l/t) + water (4,5 l/t);
- 6) BTU-R Biocomplex + Vitavax 200FF (3,0+2,5 l/t) + water (4,5 l/t);
- 7) nano-mineralis + Vitavax 200FF (0,05+2,5 l/t) + water (7,45 l/t);
- 8) Vitavax 200FF (2,5 l/t) + water (7,5 l/t);
- 9) seed Oracle (0,5 l/t) + water (9,5 l/t);
- 10) reakom (3,0 l/t) + water (7,0 l/t);
- 11) Rostok (3,0 l/t) + water (7,0 l/t);
- 12) Quantum cereals (3,0 l/t) + water (7,0 l/t);
- 13) BTU-R Biocomplex (3,0 l/t) + water (7,0 l/t);
- 14) Nano-Mineralis (0,05 l/t) + water (7,0 l/t).

The research was accompanied by analysis of plant samples, observations of the dynamics of plant growth and development. All observations were performed in two non-contiguous repetitions. Observations, analyses, and records were performed in accordance with generally accepted methods [18–21].

**Research results.** Among the measures that ensure an increase in the yield of grain crops, we should note the pre-sowing preparation of seeds, which is a fairly effective, cost-effective and effective method in the successful cultivation of grain. The results obtained by US indicate a tendency to increase the length of the Rostok in variants with the use of various preparations by 0,1–2,6 cm compared to the control.

The length of the coleoptile is one of the most important features, on which the field germination of seeds largely depends. In the experiment, an increase in this indicator (by 0,7–2,1 cm) was noted in almost all variants of treatment

with growth-regulating preparations, except for treatment with Quantum grain and Nano-Mineralis (12 and 14 var.), where there was a decrease in the length of the coleoptile by 0,4 and 0,1 cm compared to the control variant. Almost all the studied variants had a stimulating effect on increasing the length and number of primary roots (by 1,5–5,0 cm and 0,4–1,3 PCs, respectively) compared to the control, except for the aforementioned variants 12 and 14.

The results of the studies showed that the laboratory germination rate of winter barley seeds treated with growth-regulating substances was higher compared to the control seeds by 0,5–2,5%.

It should be noted that the best indicators that characterize winter barley seedlings were found in variant 6 – for seed treatment with the BTU-R Biocomplex together with Vitavax 200FF.

Winter barley is characterized by an average competitiveness in phytocenoses compared to winter wheat or rye. Freezing (lack of snow cover), ice crust, root rot can practically destroy its crop.

During 2019–2020 years and 2020–2021 years, overwintering of winter barley was different and ranged from 65% (2019–2020 years) up to 92% (2020–2021 years) of plants. The winter of 2020–2021 years was mild, so the crops of winter barley in these years after overwintering were not thinned out and almost intact. Plant loss in variants did not exceed 5–8% of plants.

Less favorable weather conditions were observed in the winter period of 2019–2020 years (severe and snowless winter). Reducing air temperatures to severe frosts and maintaining them for a long time led to the death of winter barley of other varieties on the farm (Metelitsa, Voskhod), which did not pass the full hardening cycle during the autumn growing season. To a lesser extent, the crops in the experimental plots were affected, but the density of plants significantly decreased. Under such conditions, the loss of plants was 30–44%, depending on the experimental variant.

On average, over two years, the highest winter hardness of both plants and shoots was observed in variants 3, 5, 6 with seed treatment with Reakom + Vitavax 200FF, Quantum grain + Vitavax 200FF and Biocomplex BTU-R + Vitavax 200FF – 82–83 and 79–80%, respectively.

The yield of plants is primarily determined by the size and productivity of the leaves, which in the process of growth should reach the optimal size as soon as possible [22]. One of the factors regulating the size of the assimilation surface area is the creation of favorable conditions for growth and development, so that plants form the optimal area of the leaf apparatus for effective photosynthetic activity [23]. According to some authors [22; 24; 25], to achieve a yield of 3,7–4,0 t/ha of grain, crops should have a leaf area of 34–35 thousand m<sup>2</sup> per 1 ha during the earing phase. Our studies have shown that during the earing phase, the area of the leaf apparatus of winter barley reached the greatest value and, depending on their variant, amounted to 19,3–41,8 thousand m<sup>2</sup> per 1 ha.

This indicator was close to the optimal value for seed treatment Vitavax 200FF, Biocomplex BTU-R + Vitavax 200FF, Reakom + Vitavax 200FF (var. 8, 6, 3).



On average, during the growing season, the most powerful leaf apparatus was formed by plants in variants 3 and 6 (Reakom + Vitavax 200FF and BTU-R + Vitavax 200FF Biocomplex) – 29,2–30,8 thousand m<sup>2</sup>/ha (average for 2020–2021 years) (see table 1). The smallest leaf area was characterized by plants in variants 12, 13, 14 – from 13,7 to 17,2 thousand m<sup>2</sup>/ha.

The biological significance of leaf surface sizes, first of all, lies in the fact that the degree of absorption of photosynthetic active radiation (far) by crops depends on them. Therefore, to characterize the power of the assimilation apparatus, it is customary to determine the photosynthetic potential (AF) – a value that characterizes the ability of crops to use far for photosynthesis [26]. A number of authors believe that highly productive crops have an AF of at least 2,2–3,0 million tons m<sup>2</sup> per day based on 100 days of actual vegetation [22; 24; 25; 26].

Our calculations showed that in the process of growth and development of winter barley plants, the indicator of photosynthetic potential also significantly depended on the variants of the experiment (see table 2).

Biocomplex BTU-R + Vitavax 200FF – 2322–2856 thousand m<sup>2</sup>/ha per day per 1 ha (average for 2020–2021 years).

It was on these variants that this indicator was or approached the optimal value, which is due to the large size of the leaf surface. In variants 12 and 14 (seed treatment with Quantum grain and Nano-Mineralis preparations), AF was lower than the control by 5,0–14,5%, while other variants increased the value of this indicator during the growing season compared to the control by 11,1–38,9%.

An important indicator of assimilation activity in crops is also the net productivity of photosynthesis (NPF), which characterizes the intensity of accumulation of dry matter of the crop during the day per 1 m<sup>2</sup> of plant leaf surface [26].

Some authors [24; 26] argue that the maximum development of the leaf apparatus, the area of which significantly exceeds the area of sowing, leads to a decrease in the net productivity of photosynthesis. That is, this indicator is in a certain feedback loop with the size of the leaf surface, which was confirmed by our observations (see table 3).

Analysis of the dynamics of net photosynthetic productivity showed that it fluctuated during the growing season, acquiring the maximum value from the period of earing of winter barley was from 5,4 up to 6,7 g/m<sup>2</sup> per day, while in the phase of stooling, this indicator was from 2,8 up to 3,3 g/m<sup>2</sup> per day, and in the tillering phase it was from 2,3 up to 2,8 g/m<sup>2</sup> per day.

A.A. Nichiporovich argues for this by intensive assimilation of young leaves and its longer duration of work during the day [22]. The area of leaves at this time is close to optimal, which improves lighting conditions and does not cause shading of plants.

The highest level of photosynthetic potential for the entire growing season was formed in variants 3 and 6 (Reakom + Vitavax 200FF) and for the entire growing season of NPF in variants where a larger leaf area was observed and a higher photosynthetic potential was lower compared to the control. Therefore, in these variants, the mutual shading of leaves due to the formation of their larger area in the crop leads to a decrease in photosynthetic productivity. The yield of agricultural crops is the final generalizing indicator of the efficiency of their cultivation, an important characteristic is not only the value of the yield, but also its constancy over the years (see table 3). In our experiments, the yield of winter barley grain depended not only on the studied preparations, but also on the weather conditions of the growing years.

Table 1

**Dynamics of leaf surface area in winter barley depending on the experiment variants on vegetation phases, thousand m<sup>2</sup>/ha**

| Experiment variant | Vegetation phases by year |          |        |               |           |          |        |               |                             |          |        |               |
|--------------------|---------------------------|----------|--------|---------------|-----------|----------|--------|---------------|-----------------------------|----------|--------|---------------|
|                    | 2020 year                 |          |        |               | 2021 year |          |        |               | Average for 2020–2021 years |          |        |               |
|                    | tillering                 | stooling | earing | Milk ripeness | tillering | stooling | earing | Milk ripeness | tillering                   | stooling | earing | Milk ripeness |
| 1                  | 9,0                       | 17,2     | 19,9   | 12,4          | 13,7      | 26,0     | 30,1   | 18,8          | 11,4                        | 21,6     | 25,0   | 15,6          |
| 2                  | 11,3                      | 22,6     | 25,2   | 14,3          | 17,1      | 34,3     | 38,2   | 21,6          | 14,2                        | 28,5     | 31,7   | 17,9          |
| 3                  | 15,2                      | 30,4     | 33,3   | 19,1          | 23,1      | 46,1     | 50,4   | 29,0          | 19,2                        | 38,3     | 41,8   | 24,1          |
| 4                  | 10,4                      | 16,7     | 20,9   | 10,9          | 15,7      | 25,3     | 31,6   | 16,5          | 13,1                        | 21,0     | 26,2   | 13,7          |
| 5                  | 15,1                      | 24,3     | 26,8   | 12,1          | 22,9      | 36,8     | 40,6   | 18,4          | 19,0                        | 30,5     | 33,7   | 15,3          |
| 6                  | 15,2                      | 29,3     | 32,0   | 16,2          | 23,0      | 44,4     | 48,5   | 24,6          | 19,1                        | 36,9     | 40,3   | 20,4          |
| 7                  | 11,7                      | 19,9     | 23,8   | 12,6          | 17,7      | 30,2     | 36,1   | 19,1          | 14,7                        | 25,1     | 30,0   | 15,9          |
| 8                  | 12,3                      | 22,8     | 27,6   | 15,3          | 18,6      | 34,6     | 41,8   | 23,2          | 15,5                        | 28,7     | 34,7   | 19,3          |
| 9                  | 13,7                      | 23,8     | 26,1   | 13,4          | 20,7      | 36,0     | 39,5   | 20,3          | 17,2                        | 29,9     | 32,8   | 16,8          |
| 10                 | 14,4                      | 24,1     | 25,7   | 12,1          | 21,8      | 36,5     | 39,0   | 18,3          | 18,1                        | 30,3     | 32,4   | 15,2          |
| 11                 | 11,4                      | 19,3     | 21,4   | 11,6          | 17,3      | 29,2     | 32,4   | 17,6          | 14,4                        | 24,2     | 26,9   | 14,6          |
| 12                 | 7,4                       | 13,5     | 15,4   | 7,3           | 11,2      | 20,4     | 23,3   | 11,0          | 9,3                         | 16,9     | 19,3   | 9,1           |
| 13                 | 8,8                       | 16,0     | 18,2   | 9,2           | 13,4      | 24,3     | 27,5   | 13,9          | 11,1                        | 20,2     | 22,8   | 11,5          |
| 14                 | 10,4                      | 17,0     | 18,5   | 8,9           | 15,7      | 25,7     | 28,0   | 13,5          | 13,1                        | 21,3     | 23,2   | 11,2          |

Table 2

**Photosynthetic potential of winter barley crops depending on experimental variants, thousand m<sup>2</sup> per day per 1 ha (2020–2021 years)**

| Variant | Vegetation periods |                 |                      | During vegetation |
|---------|--------------------|-----------------|----------------------|-------------------|
|         | Tillering-stooling | Stooling-earing | Earing-milk ripeness |                   |
| 1       | 577                | 816             | 711                  | 1418              |
| 2       | 745                | 967             | 747                  | 1577              |
| 3       | 1028               | 1450            | 1196                 | 2322              |
| 4       | 794                | 1122            | 978                  | 1950              |
| 5       | 820                | 1138            | 962                  | 1932              |
| 6       | 1348               | 1858            | 1462                 | 2856              |
| 7       | 730                | 947             | 732                  | 1545              |
| 8       | 828                | 1074            | 830                  | 1752              |
| 9       | 787                | 1020            | 789                  | 1664              |
| 10      | 795                | 1031            | 797                  | 1682              |
| 11      | 802                | 1133            | 988                  | 1970              |
| 12      | 494                | 698             | 608                  | 1212              |
| 13      | 642                | 907             | 790                  | 1576              |
| 14      | 549                | 775             | 676                  | 1347              |

Table 3

**Winter barley grain yield depending on pre-sowing treatment seeds by year, t/ha**

| №  | Preparation                      | Yield, t/ha |           |                             | ± to control |
|----|----------------------------------|-------------|-----------|-----------------------------|--------------|
|    |                                  | 2020 year   | 2021 year | Average for 2020–2021 years |              |
| 1  | Control (without treatment)      | 2,43        | 3,89      | 3,16                        |              |
| 2  | Oracle seeds + Vitavax 200FF     | 3,95        | 5,27      | 4,61                        | +1,45        |
| 3  | Reakom + Vitavax 200FF           | 4,16        | 5,80      | 4,98                        | +1,82        |
| 4  | Rostok + Vitavax 200FF           | 4,09        | 5,41      | 4,75                        | +1,59        |
| 5  | Quantum grain + Vitavax 200FF    | 4,25        | 5,67      | 4,96                        | +1,80        |
| 6  | Biocomplex BTU-R + Vitavax 200FF | 4,34        | 5,76      | 5,05                        | +1,89        |
| 7  | Nano-Mineralis + Vitavax 200FF   | 3,92        | 5,14      | 4,53                        | +1,37        |
| 8  | Control + Vitavax 200FF          | 3,88        | 4,92      | 4,40                        | +1,24        |
| 9  | Oracle seeds                     | 3,36        | 4,28      | 3,82                        | +0,66        |
| 10 | Reakom                           | 3,65        | 4,39      | 4,02                        | +0,86        |
| 11 | Rostok                           | 3,42        | 4,50      | 3,96                        | +0,80        |
| 12 | Quantum grain                    | 3,68        | 4,52      | 4,10                        | +0,94        |
| 13 | Biocomplex BTU-R                 | 3,76        | 4,78      | 4,27                        | +1,11        |
| 14 | Nano-Mineralis                   | 3,19        | 4,31      | 3,75                        | +0,59        |

HIP<sub>05</sub>, t/ha (2020 year) – 0,46;

HIP<sub>05</sub>, t/ha (2021 year) – 0,63

Thus, in the less favorable weather conditions of the vegetation of 2019–2020 years, this indicator averaged 3,72 t/ha with a variation from 2,43 up to 4,34 t/ha. The growing season of 2020–2021 years was more favorable both in terms of moisture availability and the nature of winter, so the crop yield was higher by 1,18 t/ha and it varied from 3,89 up to 5,76 t/ha, depending on the experimental variants.

On average, winter barley formed three excellent levels of productivity in two years. The first level was obtained in variants with a yield of 4,75 up to 5,05 t/ha, which was significantly higher than the yield in the control variant by 1,59–1,89 t/ha. In particular, the highest yield was obtained in such variants of the experiment (variants 2, 3, 4, 5, 6): when treating seeds with Oracle seeds + Vitavax

200FF, Rostok + Vitavax 200FF, Reakom + Vitavax 200FF, Quantum grain + Vitavax 200FF and BTU-R + Vitavax 200FF Biocomplex.

Among these variants, the highest yield was observed in variant 6. The second level of performance is obtained in the following variants (7, 8, 10, 12, 13) as 4,02–4,53 t/ha, a significant increase in yield was 0,86–1,37 t/ha compared to the control, but when compared with each other, the yield indicators were within the error range of the experiment.

The third level of productivity was formed in variants 9, 11, 14 with unilateral use of Oracle seed, Rostok, Nano-Mineralis preparations – the yield here was less than the control or without a significant excess over the control variant.

Growth regulators, bacterial and microfertilizers also affected changes in the structural parameters of the crop (see table 4).

Under their influence, the height of plants increased by 1,3–10,2 cm (except for variants 12 and 14). The tallest plants were in variant 6 as their height was 86,2 cm on average over two years. Plants in this variant also had a high number of grains in the main ear (21,5 PCs.). In variants 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10 the plants had the highest coefficient of productive tillering as 2,0.

Treatment of seeds with such preparations as Rostok, seed Oracle, Reakom and Vitavax 200FF, as well as mixtures of such preparations as Nano-Mineralis, BTU-R Biocomplex, Quantum grain, Reakom, seed Oracle with Vitavax 200FF also increased the mass index of 1000 grains by 1,7–2,8 g compared to the control variant.

Thus, the use of some growth-regulating, bacterial preparations and microfertilizers improved both the yield and elements of the crop structure of winter barley plants.

On average, according to the experiment, the highest individual plant productivity was observed in variants 6 and 3 – when treating seeds with such preparations as the BTU-R + Vitavax 200FF Biocomplex (3,0+2,5 l/t) and Reakom + Vitavax 200FF (3,0+2,5 l/t).

In modern conditions, in improving the technology of grain production of grain crops, including winter barley, the development of energy-saving technologies is becoming very relevant, where considerable attention is paid to agricultural techniques that do not require high energy consumption. In particular, to ensure efficient grain cultivation, it is particularly important to introduce progressive organizational, economic and agrotechnological measures into production. At the same time, the priority should include the rational use of fertilizers, including bacterial and microfertilizers, plant growth regulators and other agro-economic measures.

Therefore, one of our tasks was to determine the economic efficiency of the studied preparations when processing winter barley seeds with them. To calculate the economic efficiency of growing winter barley, the basic

technological map of its cultivation in the southern steppe zone of Ukraine was analyzed.

According to the technological maps for growing winter barley, the cost per 1 ha is 9042–9159 UAH/ha, depending on the variant. Thus, the lowest costs are observed without the introduction of growth-regulating substances as 9042 UAH/ha, while when using microfertilizers, monetary costs increase by 10–131 UAH/ha compared to the control.

A dynamic factor determining the level of efficiency of grain production is yield. This indicator characterizes not only the level of agricultural culture, but also reflects the result of production intensification and its economic feasibility. The highest yield gains from the use of growth-regulating substances ranged from 1,59 up to 1,89 t/ha compared to the control. However, all the preparations, but in different ways, contributed to an increase in the yield of winter barley. Thus, variants 9, 11 and 14 (seed treatment alone with Oracle seeds, Rostok, Nano-Mineralis preparations) had no significant effect compared to the control. In general, according to the experiment, positive indicators of profitability of winter barley grain production were obtained (from 2 up to 67%). The lowest monetary costs per unit of production were found when growing of barley using Quantum cereals, Nano-Mineralis and without applying microfertilizers – this technology ensured profitability of production at the level of 2–21%. The use of some microfertilizers makes it possible to increase the level of profitability of barley grain production by 12–46% compared to the control with minimal costs for their use.

In the context of variants, we identified the advantage of using Biocomplex BTU-R + Vitavax 200FF preparations (variant 6). Seed treatment with this mixture was the most economically feasible, because the net income here was 1997 UAH/ha and 6091 UAH/t, and the profitability level was 67%. At the same time, this variant provided lower labor and money costs for the production of one ton of grain.

**Conclusions.** Thus, to ensure a high increase in the yield of winter barley grain of the Deviaty Val variety on the chernozems of the southern steppe of Ukraine, in order to

Table 4

Structural indicators of winter barley plants depending on pre-sowing treatment of seeds with microfertilizers

| No of variant | Plant heights, cm | Grain number in the main ear of corn, PCs. | Productive tillering | Mass of 1000 grains, g | Density of productive stem stand, PCs./m <sup>2</sup> |
|---------------|-------------------|--------------------------------------------|----------------------|------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1             | 76,0              | 19,3                                       | 1,5                  | 33,0                   | 295                                                   |
| 2             | 79,9              | 20,3                                       | 2,0                  | 35,3                   | 286                                                   |
| 3             | 81,4              | 21,2                                       | 2,0                  | 35,7                   | 294                                                   |
| 4             | 77,3              | 19,5                                       | 1,5                  | 33,0                   | 326                                                   |
| 5             | 80,6              | 20,8                                       | 2,0                  | 35,7                   | 288                                                   |
| 6             | 86,2              | 21,5                                       | 2,0                  | 35,8                   | 291                                                   |
| 7             | 78,6              | 20,0                                       | 1,7                  | 34,9                   | 302                                                   |
| 8             | 81,1              | 20,6                                       | 2,0                  | 35,5                   | 290                                                   |
| 9             | 80,1              | 20,5                                       | 2,0                  | 35,4                   | 272                                                   |
| 10            | 81,3              | 20,6                                       | 2,0                  | 35,5                   | 269                                                   |
| 11            | 77,4              | 19,8                                       | 1,7                  | 34,7                   | 309                                                   |
| 12            | 74,6              | 19,3                                       | 1,2                  | 31,4                   | 330                                                   |
| 13            | 76,9              | 19,5                                       | 1,5                  | 33,0                   | 325                                                   |
| 14            | 72,0              | 19,0                                       | 1,5                  | 32,0                   | 308                                                   |

increase the germination, winter hardiness, grain yield, it is quite effective to use modern microfertilizers and bacterial preparations together with chemical preparations (Vitavax 200FF) for inlay of seed material, which at the lowest cost of their purchase and application provide a yield of 3,0–4,0 t/ha, reduce labor costs and funds for the production of a unit of production, and, this also means high economic efficiency of growing the crop.

#### BIBLIOGRAPHY:

1. Нагірний В.В. Вплив строків сівби та мікродобрих на продуктивність сортів ячменю озимого в умовах Півдня України : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.09 «Рослинництво» ; Херсонський державний аграрно-економічний університет. Херсон, 2020. 208 с.
2. Коваленко О.А. Агроекологічне обґрунтування та розробка елементів біологізованих технологій вирощування сільськогосподарських культур в умовах Півдня України : дис. ... докт. с.-г. наук : 06.01.09 «Рослинництво» ; Херсонський державний аграрно-економічний університет. Херсон, 2021. 592 с.
3. Васюков П.П. Совершенствование элементов агротехники возделывания озимого ячменя. *Сборник научных трудов, посвященный 100-летию В.А. Невинных*. Краснодар : Краснодарский НИИСХ имени П.П. Лукьяненко, 2000. С. 124–129.
4. Евстратьева Г.М., Жеребин Ю.А. Микроэлементы в комплексе с биоактивными веществами как стимуляторы роста растений. *Микроэлементы в обмене веществ и продуктивность растений*. Киев : Наукова думка, 1984. С. 88–90.
5. Петр И. Интенсивное производство зерна / пер. с чеш. З.К. Благовещенской. Москва : Агропромиздат, 1985. 429 с.
6. Кривошеев Н.Н. Возделывание озимого ячменя в центральной и южно-предгорной зонах Краснодарского края. Краснодар, 1984. 42 с.
7. Беляков И.И. Ячмень в интенсивном земледелии. Москва : Росагропромиздат, 1990. 176 с.
8. Крамаров С.М., Артеменко С.Ф., Сидоренко Ю.С. Хелатные удобрения и их применение. *Зерно*. 2012. № 1. С. 79–85.
9. Жердевський І.М. Застосування хелатів. *Агроном*. 2010. № 4. С. 20–22.
10. Анішин Л.А. Біостимулятори: урожай, якість та валові збори озимої пшениці. *Новини захисту рослин*. 1998. № 3. С. 12–14.
11. Вакуленко В.В., Шаповал О.А. Регуляторы роста растений для предпосевной обработки семян. *Защита и карантин растений*. 1998. № 8. С. 42–45.
12. Стимуляторы роста организмов : материалы конференции Прибалтийских республик по вопросам стимулирования растений, животных и микроорганизмов. Вильнюс, 1969. 300 с.
13. Kloepper J. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. *Trends Biotechnol.* 1989. № 1. P. 39–44.
14. Vancura V. Inoculation of plants with *Pseudomonas putida*. *Developments in Soil Science*. 1989. Vol. 18. P. 185–190.
15. Пат. 284801 ГДР, МКИ5 А 01 № 63/02. *Arthrobacter*. Verfahren zur Stimulierung des Wurzelwachstums von Getreide, insbesondere Gerste mit Hilfe von *Arthrobacter*. Forrschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg. № 3294045; заявление 9 июня 1989 г.; опубликовано 28 ноября 1990 г. С. 5.
16. Шамардина Ю.А. Агроэкологические аспекты применения биологических препаратов на основе гуминовых кислот при возделывании ячменя в условиях Центрального Черноземья : автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. Курск, 2006. 16 с.
17. Шуреков Ю.В. Урожайность и качество зерна озимого ячменя в зависимости от обработки семян регуляторами роста и минерального питания в условиях лесостепи Поволжья : автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук : 06.01.09 ; Башкирский государственный аграрный университет. Уфа, 2009. 23 с.
18. Методика державного сортопробування сільськогосподарських культур / за ред. В.В. Волкодава. Київ, 2000. 100 с.
19. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
20. Ларионов Ю.С. Оценка урожайных свойств и урожайного потенциала семян зерновых культур. Челябинск, 2000. 100 с.
21. Майсурян Н.А. Практикум по растениеводству. Москва : Урожай, 1970. 146 с.
22. Ничипорович А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев. Москва : Издательство АН СССР, 1956. 330 с.
23. Formation of photosynthetic and grain yield of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) depend on varietal characteristics and plant growth regulators / M. Panfilova et al. *Agronomy Research*. 2019. Vol. 17. Iss. 2. P. 608–620.
24. Шатилов И.С., Чаповская Г.В., Замараев А.Г. Фотосинтетический потенциал и урожай зерновых культур. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 1979. Вып. 3. С. 18–30.
25. Практикум по физиологии растений : учебное пособие / под ред. Н.Н. Третьякова. Москва : Агропромиздат, 1990. 271 с.
26. Жемела Г.П., Шевніков Д.М. Фотосинтетична продуктивність посівів пшениці твердої ярої залежно від мінеральних добрив та біопрепаратів. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. № 3. С. 36–40.

#### REFERENCES:

1. Nahirnyi, V.V. (2020). Vplyv strokiv sivy ta mikrodobryv na produktyvnist sortiv yachmeniu ozymoho v umovakh Pivdnia Ukrainy [Influence of sowing dates and microfertilizers on productivity of winter barley varieties in the conditions of the South of Ukraine]. *Candidate's thesis*. Kherson: Kherson State Agrarian and Economic University, 208 p. [in Ukrainian].
2. Kovalenko, O.A. (2021). Ahroekolohichne obgruntuвання ta rozrobka elementiv biolohizovanykh tekhnolohii vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur v umovakh Pivdnia Ukrainy [Agroecological substantiation and development of elements of biologized technologies of cultivation of agricultural crops in the conditions of the South of Ukraine]. *Doctor's thesis*. Kherson: Kherson State Agrarian and Economic University, 592 p. [in Ukrainian].
3. Vasyukov, P.P. (2000). Sovershenstvovanie elementov agrotekhniki vzdelyvaniya ozimogo yachmenya [Improving the elements of agricultural technology for the cultivation of winter barley]. *Sbornik nauchnykh*

- trudov, posvyashchenny 100-letiyu V.A. Nevinnikh – Collection of scientific papers dedicated to the 100th anniversary of V.A. Nevinnikh.* Krasnodar: Krasnodar Research Institute of Agriculture named after P.P. Lukyanenko, pp. 124–129 [in Russian].
4. Evstrat'eva, G.M., Zharebin, Yu.A. (1984). Mikroelementy v komplekse s bioaktivnymi veshchestvami kak stimulyatory rosta rasteniy [Trace elements in combination with bioactive substances as plant growth stimulants]. *Mikroelementy v obmene veshchestv i produktivnost' rasteniy – Trace elements in metabolism and plant productivity.* Kyiv: Naukova dumka, pp. 88–90 [in Russian].
  5. Petr, I. (1985). *Intensivnoe proizvodstvo zerna [Intensive grain production]*, transl. from Czech Z.K. Blagoveshchenskaya. Moscow: Agropromizdat, 429 p. [in Russian].
  6. Krivosheev, N.N. (1984). *Vozdelyvanie ozimogo yachmenya v tsentral'noy i yuzhno-predgornoy zonakh Krasnodarskogo kraya [Cultivation of winter barley in the central and southern foothill zones of the Krasnodar Territory]*. Krasnodar, 42 p. [in Russian].
  7. Belyakov, I.I. (1990). *Yachmen' v intensivnom zemledelii [Barley in intensive agriculture]*. Moscow: Rosagropromizdat, 176 p. [in Russian].
  8. Kramarov, S.M., Artemenko, S.F., Sidorenko, Yu.S. (2012). Khelatnye udobreniya i ikh primenenie [Chelated fertilizers and their application]. *Zerno – Grain*, no. 1, pp. 79–85 [in Russian].
  9. Zherdevskiy, I.M. (2010). Zastosuvannia khelativ [The use of chelates]. *Ahronom – Agronomist*, no. 4, pp. 20–22 [in Ukrainian].
  10. Anishyn, L.A. (1998). Biostymulyatory: urozhai, yakist ta valovi zbory ozymoi pshenytsi [Biostimulants: yield, quality and gross harvest of winter wheat]. *Novyny zakhystu roslyn – Plant protection news*, no. 3, pp. 12–14 [in Ukrainian].
  11. Vakulenko, V.V., Shapoval, O.A. (1998). Regulyatory rosta rasteniy dlya predposevnoy obrabotki semyan [Plant growth regulators for presowing seed treatment]. *Zashchita i karantin rasteniy – Plant protection and quarantine*, no. 8, pp. 42–45 [in Russian].
  12. N.a. (1969). *Stimulyatory rosta organizmov: materialy konferentsii Pribaltiyskikh respublik po voprosam stimulirovaniya rasteniy, zhyvotnykh i mikroorganizmov [Growth stimulators of organisms: Proceedings of the conference of the Baltic republics on the stimulation of plants, animals and microorganisms]*. Vilnius, 300 p. [in Russian].
  13. Kloepper, J. (1989). Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. *Trends Biotechnol.*, no. 1, pp. 39–44 [in English].
  14. Vancura, V. (1989). Inoculation of plants with *Pseudomonas putida*. *Developments in Soil Science*, vol. 18, pp. 185–190 [in English].
  15. Patent 284801 East Germany, MKI5 A 01 № 63/02. Arthrobacter. Verfahren zur Stimulierung des Wurzelwachstums von Getreide, insbesondere Gerste mit Hilfe von Arthrobacter Forrschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg [Arthrobacter. Method for stimulating the root growth of cereals, in particular barley, with the aid of Arthrobacter Research Center for Soil Fertility Müncheberg], № 3294045, statement June 9, 1989, published November 28, 1990, p. 5 [in German].
  16. Shamardina, Yu.A. (2006). Agroekologicheskie aspekty primeneniya biologicheskikh preparatov na osnove guminovykh kislot pri vozdeleyvanii yachmenya v usloviyakh Tsentral'nogo Chernozem'ya [Agroecological aspects of the use of biological preparations based on humic acids in the cultivation of barley in the conditions of the Central Chernozem Region]. *Candidate's thesis.* Kursk, 16 p. [in Russian].
  17. Shurekov, Yu.V. (2009). Urozhaynost' i kachestvo zerna ozimogo yachmenya v zavisimosti ot obrabotki semyan regulyatorami rosta i mineral'nogo pitaniya v usloviyakh lesostepi Povolzh'ya [Yield and grain quality of winter barley, depending on the treatment of seeds with growth regulators and mineral nutrition in the conditions of the forest-steppe of the Volga region]. *Candidate's thesis.* Ufa: Bashkir State Agrarian University, 23 p. [in Russian].
  18. Volkodav, V.V. (ed.) (2000). *Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur [Methods of state varietal testing of agricultural crops]*. Kyiv, 100 p. [in Ukrainian].
  19. Dospekhov, B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta [Field experiment methodology]*. Moscow: Agropromizdat, 351 p. [in Russian].
  20. Laronov, Yu.S. (2000). *Otsenka urozhaynykh svoystv i urozhaynogo potentsiala semyan zemovykh kul'tur [Evaluation of yield properties and yield potential of seeds of grain crops]*. Chelyabinsk, 100 p. [in Russian].
  21. Maysuryan, N.A. (1970). *Praktikum po rastenievodstvu [Workshop on crop production]*. Moscow: Urozhay, 146 p. [in Russian].
  22. Nichiporovich, A.A. (1956). *Fotosintez i teoriya polucheniya vysokikh urozhaev [Photosynthesis and the theory of high yields]*. Moscow: Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 330 p. [in Russian].
  23. Panfilova, M. et al. (2019). Formation of photosynthetic and grain yield of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) depend on varietal characteristics and plant growth regulators. *Agronomy Research*, vol. 17, iss. 2, pp. 608–620 [in English].
  24. Shatilov, I.S., Chapovskaya, G.V., Zamaraev, A.G. (1979). Fotosinteticheskiy potentsial i urozhay zernovykh kul'tur [Photosynthetic potential and crop yield]. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii – Proceedings of the Timiryazev Agricultural Academy*, iss. 3, pp. 18–30 [in Russian].
  25. Tretyakov, N.N. (ed.) (1990). *Praktikum po fiziologii rasteniy: uchebnoe posobie [Workshop on plant physiology: tutorial]*. Moscow: Agropromizdat, 271 p. [in Russian].
  26. Zhemela, H.P., Shevnikov, D.M. (2013). Fotosyntetichna produktyvnist posviv pshenytsi tvrdoj yaroj zalezho vid mineralnykh dobryv ta biopreparativ [Photosynthetic productivity of durum wheat crops depending on mineral fertilizers and biological products]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii – Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, no. 3, pp. 36–40 [in Ukrainian].

**Kovalenko O.A. Influence of microfertilizers and bacterial preparations on the productivity of winter barley in the Southern Steppe of Ukraine**

**Purpose.** The article is devoted to the results of scientific research that was conducted during 2019–2021, which aimed to determine the influence of inoculation of seed material with microfertilizers (Oracle seeds, Reakom, Rostock, Quantum grain), plant growth stimulant (Nano-

Mineralis), bacterial drug (Biocomplex BTU-R), chemical pesticide (Vitavax 200FF) and their mixtures for biometric indicators (plant height, coleoptile length, leaf assimilation surface area), photosynthetic activity, net photosynthesis productivity, productivity and yield of winter barley grain grown in southern Steppe of Ukraine. The goal was achieved by establishing a one-factor field experiment using 0,5 to 3,0 liters of formulations, depending on their class and a working fluid of 10 liters for inoculation of one ton of seed culture.

**Methods:** general scientific (dialectical – observation of the dynamics of culture growth and development; method of hypotheses – experimental scheme; method of analysis – study of research object; method of synthesis – formation of conclusions, recommendations for production; method of abstraction – theoretical generalization of research; calculation method – establishing economic and energy efficiency measures) and special (field method – study of the relationship of the object with biotic and abiotic factors in specific conditions of the research area; laboratory methods: morphophysiological – biometric parameters of plants; chemical – chemical composition of grain and soil; physical – physical indicators of soil and seeds, statistical methods: comparative-calculation – economic efficiency of cultivation technologies. For generalization and processing of experimental data used statistical, calculation and comparative-computational methods: variance, correlation and regression analysis.

**Research results.** In our research, the maximum indicators of plant height, leaf area of crops and their photosynthetic productivity were formed in research areas where mixtures of preparative forms of microfertilizers and bacterial with chemical pesticides were used, namely: Reakom + Vitavax 200FF (3,0+2,5 l/ton) + Water (4,5 l/ton) and Biocomplex BTU-R + Vitavax 200FF (3,0+2,5 l/ton) + Water (4,5 l/ton). The highest productivity of culture and economic efficiency was achieved by using a mixture of bacterial preparation Biocomplex BTU-R with chemical pesticide Vitavax 200FF – seed treatment with this mixture was the most economically feasible, as net profit was 1997 UAH/ha and 6091 UAH/ton, and the level of profitability was 67%. This option provided lower labor costs and money for the production of one ton of winter barley grain.

**Conclusions.** According to the results of research, it is recommended for the production to conduct pre-sowing treatment with the preparative mixture Biocomplex BTU-R + Vitavax 200FF (3,0+2,5 l/ton) of winter barley of the Deviatyivariety on chernozems of the southern steppes of Ukraine in order to increase germination, winter hardiness, grain yield. Seed treatment should be carried out directly before sowing at the rate of 10 liters of working solution per 1 ton of seeds.

**Key words:** winter barley, inoculation, microfertilizer, photosynthetic activity, winter hardiness, grain yield, economic efficiency.

**Коваленко О.А. Вплив мікродобрив та бактеріальних препаратів на продуктивність ячменю озимого в умовах Південного Степу України**

**Мета.** Статтю присвячено висвітленню результатів наукових досліджень, проведених упродовж 2019–2021 рр., метою яких було встановлення впливу інокуляції насіннєвого матеріалу мікродобривами

(Оракул насіння, Реаком, Росток, Квантум зернові), стимулятором росту рослин (Нано-Мінераліс), бактеріальним препаратом (Біокомплекс БТУ-р), хімічним протруювачем (Вітавакс 200ФФ) та їх сумішками на біометричні показники (висоту рослин, довжину колеоптіля, площу асиміляційної поверхні листків), фотосинтетичну активність, чисту продуктивність фотосинтезу, продуктивність і врожайність зерна ячменю озимого під час вирощування в умовах Південного Степу України. Реалізація поставленої мети здійснювалася шляхом закладання польового однофакторного дослідження з використанням від 0,5 до 3,0 літрів препаративних форм залежно від їх класу та робочої рідини в 10 літрів для інокуляції однієї тони насіння культури.

**Методи:** загальнонаукові (діалектичний – спостереження за динамікою росту й розвитку культури; метод гіпотез – схема дослідження; метод аналізу – вивчення об'єкта дослідження; метод синтезу – формування висновків, рекомендацій для виробництва; метод абстрагування – теоретичне узагальнення досліджень; розрахунковий метод – встановлення економічної та енергетичної ефективності заходів) та спеціальні (польовий метод – вивчення взаємозв'язку об'єкта з біотичними й абіотичними факторами в конкретних умовах зони проведення дослідження; лабораторні методи: морфологічний – біометричні параметри рослин; хімічний – хімічний склад зерна та ґрунту; фізичний – фізичні показники ґрунту й насіння; статистичні методи: порівняльно-розрахунковий – економічна ефективність технологій вирощування). Для узагальнення та обробки експериментальних даних застосовували статистичний, розрахунковий і порівняльно-обчислювальний методи, а саме: дисперсійний, кореляційний та регресійний аналізи.

**Результати досліджень.** У результаті проведених досліджень максимальні показники висоти рослин, площі листового апарату посівів та фотосинтетична їх продуктивність формувалися на дослідних ділянках, де застосовувалися сумішки препаративних форм мікродобрив і бактеріальних із хімічним протруювачем, а саме: Реаком + Вітавакс 200ФФ (3,0+2,5 л/т) + вода (4,5 л/т) та Біокомплекс БТУ-р + Вітавакс 200ФФ (3,0+2,5 л/т) + вода (4,5 л/т). Найвища продуктивність культури та економічна ефективність досягається за використанням суміші бактеріального препарату Біокомплекс БТУ-р із хімічним протруювачем Вітавакс 200ФФ – протруєння насіння цією сумішшю було найбільш економічно доцільним, адже чистий прибуток при цьому становив 1997 грн/га та 6091 грн/т, а рівень рентабельності – 67%. При цьому зазначений варіант забезпечував менші витрати праці та грошових коштів на виробництво однієї тонни зерна ячменю озимого.

**Висновки.** За результатами досліджень рекомендовано виробництву за вирощування ячменю озимого сорту Десятый вал на чорноземах Південного Степу України з метою підвищення схожості, зимостійкості, урожайності зерна проводити передпосівну обробку препаративною сумішшю Біокомплекс БТУ-р + Вітавакс 200ФФ (3,0+2,5 л/т). Обробку насіння проводити безпосередньо перед посівом у розрахунку 10 л робочого розчину на 1 т насіння.

**Ключові слова:** ячмінь озимий, інокуляція, мікродобрива, бактеріальні препарати, фотосинтетична діяльність, зимостійкість, урожайність зерна, економічна ефективність.

## ВПЛИВ СПОСОБУ ЩЕПЛЕННЯ ТОМАТУ НА ЙОГО ПРОДУКТИВНІСТЬ В УМОВАХ ПЛІВКОВИХ ТЕПЛИЦЬ

КОВАЛЬОВ М.М. – кандидат сільськогосподарських наук

[orcid.org/0000-0003-4421-8960](https://orcid.org/0000-0003-4421-8960)

Центральноукраїнський національний технічний університет

**Постановка проблеми.** Серед найважливіших задач тепличного господарства України в нестабільних умовах сьогодення досить гостро стоїть проблема підвищення продуктивності ранньостиглих гібридів томату, яка безпосередньо залежить від стійкості рослин проти основних хвороб і стресових умов вирощування [1, с. 82; 2, с. 46]. Саме тому першочерговим завданням залишається пошук нових екологічно безпечних та високотехнологічних шляхів вирішення цієї проблеми. Одним із найбільш простих та досить перспективних способів вирішення цих задач є щеплення рослин. Беззаперечною перевагою щеплених рослин є отримання прищепкою необхідної стійкості за рахунок розвитку потужнішої кореневої системи в умовах захищеного ґрунту [3, с. 147; 4].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Експериментальні дослідження проводилися вченими багатьох країн світу, серед яких особливої уваги заслуговують дослідження українських вчених [5, с. 61].

Існують кілька різних видів щеплення рослин, проте головну увагу більшість дослідників приділяє саме підбору підщепи [6, с. 81]. Однак питання вибору способу щеплення також потребує детального вивчення. При вирощуванні щеплених рослин томату в умовах захищеного ґрунту виникає потреба в розробці технологічного регламенту формування рослин різного ступеня детермінантності за різних різних способів щеплення. Тому дослідження набувають актуальності [7, с. 162; 8, с. 64].

**Мета.** Метою роботи була розробка елементів технології вирощування томату із застосуванням різних способів щеплення, що забезпечують стійкість рослин до хвороб та підвищення їх врожайності в умовах плівкових теплиць.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження проводили в лабораторії камеральних досліджень кафедри загального землеробства Центрально-українського національного технічного університету та у виробничих умовах ФОП Горбенка В.С. протягом 2020–2021 років.

Визначено вплив органічного мульчуючого матеріалу на врожайність та якість індетермінантних гібридів виробництва Ergon Seeds Голландія Пінк Делайт F1 та Ронда F1, а також детермінантних Джем F1 та Дуал Лардж F1. В якості підщепи використовували гібрид томату F1 Бьюфорт Tm CNVF1Fr. Способи щеплення: в розсіп та зрощенням. Щеплену розсаду на постійне місце висаджували у III декаді березня – I декаді квітня за схемою (100+60) x 45-50 см при ін'єкційному краплинному зрошенні. Щільність посадки 2 рослин на м<sup>2</sup>.

Після висадки рослини поливали під корінь розчином ЕМ Агро+ЕМ 5М з розрахунку 1,5-2,0 л та підв'язували шпагатом до шпалери. Формування рослин вели в одне стебло.

Схема досліду: 1. Контроль (без щеплення) гібрид F1 Пінк Делайт.

2. Щеплення F1 Пінк Делайт в розсіп підщепою гібриду томату F1 Бьюфорт.

3. Щеплення F1 Джем в розсіп підщепою гібриду томату F1 Бьюфорт.

4. Щеплення F1 Ронда в розсіп підщепою гібриду томату F1 Бьюфорт.

5. Щеплення F1 Дуал Лардж в розсіп підщепою гібриду томату F1 Бьюфорт.

6. Щеплення F1 Пінк Делайт зрощенням підщепою гібриду томату F1 Бьюфорт.

7. Щеплення F1 Ронда зрощенням підщепою гібриду томату F1 Бьюфорт.

8. Щеплення F1 Джем зрощенням підщепою гібриду томату F1 Бьюфорт.

9. Щеплення F1 Дуал Лардж зрощенням підщепою гібриду томату F1 Бьюфорт.

Дослід проводили згідно з рекомендаціями [9, с. 40; 10, с. 38]. Площа посівної ділянки – 12 м<sup>2</sup>, облікової – 7 м<sup>2</sup>. Повторність у дослідах – триразова.

**Результати досліджень.** Вирощування томату індетермінантного типу зростання в умовах захищеного ґрунту IV світлової зони України є пріоритетною задачею, оскільки такі рослини забезпечують сильний вегетативний ріст та розвиток, високу ремонтантність, рівномірну віддачу врожаю, а також відрізняються легкістю їх формування. Водночас індетермінантні гібриди малопридатні для плівкових теплиць, де потрібно отримувати продукцію в короткий термін вегетації рослин. Для плівкових теплиць в умовах IV світлової зони України потрібні скоростиглі напівдетермінантні гібриди, що мають високу частоту закладання суцвіть, придатні до загущених посадок та забезпечують раціональне використання об'єму теплиці. Окрім того, такі рослини краще адаптовані до умов недостатнього освітлення. З цих причин їх можна висаджувати в зимово-весняному обороті плівкових теплиць, що не обігріваються, в кінці березня на початку квітня. Найкращим рішенням поєднання домінуючих ознак томату з детермінантним та індетермінантним типами зростання є використання різних способів щеплення рослин. Досліджувані гібриди з обмеженим зростанням розвитку були представлені рослинами з висотою головного стебла від 98,7 до 124 см (див. табл. 1).

Таблиця 1

Біометричні показники досліджуваних гібридів томату (середнє за 2019–2021 роки)

| Варіант досліджу  | Висота рослин, см | Довжина міжвузля, см | Кількість листків, шт | Листків на 1 п.м. рослини, шт. | Кількість суцвіть, шт | Співвідношення листків/ суцвіть |
|-------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| 1 (контроль)      | 108,3             | 5,7                  | 19                    | 17,6                           | 7                     | 2,7                             |
| 2                 | 98,7              | 4,7                  | 21                    | 21,2                           | 9                     | 2,3                             |
| 3                 | 119,7             | 5,7                  | 21                    | 17,5                           | 7                     | 3,0                             |
| 4                 | 124,0             | 5,9                  | 21                    | 16,9                           | 10                    | 2,1                             |
| 5                 | 150,0             | 5,0                  | 30                    | 20,0                           | 13                    | 2,3                             |
| 6                 | 167,9             | 7,3                  | 23                    | 13,7                           | 12                    | 1,9                             |
| 7                 | 168,0             | 6,0                  | 28                    | 16,7                           | 12                    | 2,3                             |
| 8                 | 185,6             | 5,8                  | 32                    | 17,2                           | 13                    | 2,5                             |
| 9                 | 194,3             | 6,7                  | 29                    | 14,9                           | 11                    | 2,6                             |
| HIP <sub>05</sub> | 14,2              | 0,4                  | 1,7                   | 1,5                            | 1,7                   | 0,3                             |

Таблиця 2

Тривалість термінів цвітіння перших чотирьох суцвіть гібридів томату, що вивчаються (середнє за 2019–2021 роки).

| Варіант             | Кількість днів до початку цвітіння |            |            |            | Тривалість цвітіння, днів | Відхилення |
|---------------------|------------------------------------|------------|------------|------------|---------------------------|------------|
|                     | 1 суцвіття                         | 2 суцвіття | 3 суцвіття | 4 суцвіття |                           |            |
| 1 (контроль)        | 59                                 | 65         | 70         | 74         | 268                       | -          |
| 4                   | 59                                 | 66         | 69         | 75         | 269                       | -1         |
| 8                   | 60                                 | 65         | 72         | 75         | 272                       | -4         |
| 7                   | 62                                 | 68         | 75         | 78         | 283                       | -15        |
| 2                   | 63                                 | 68         | 73         | 78         | 282                       | -14        |
| 6                   | 62                                 | 70         | 75         | 79         | 286                       | -18        |
| 3                   | 63                                 | 69         | 73         | 78         | 283                       | -15        |
| 9                   | 61                                 | 65         | 69         | 73         | 268                       | 0          |
| 5                   | 64                                 | 68         | 71         | 77         | 280                       | -12        |
| HIP <sub>0,95</sub> | 3,1                                | 2,6        | 2,7        | 2,8        | -                         |            |

З отриманих внаслідок різних способів щеплення гібридів за висотою рослин як перспективний відзначений другий варіант, який нижче контролю (без щеплення) на 9,6 см, а також варіанти 3 та 4, які мають висоту не більше 150 см. Надалі ці гібриди вивчені нами із застосуванням методів дисперсійного аналізу з метою встановлення у них ступеня та сили прояву ознак детермінантності.

За довжиною міжвузлів з 8 досліджуваних гібридів у 5 довжина міжвузлів коливається від 4,7 до 6 см (варіанти 2, 3, 4 та 5 при щепленні в розщип та варіанти 6 та 7 щеплені способом зрощення), що дорівнює або близько до довжини міжвузлів.

У проведених нами дослідженнях було важливо встановити біометричні показники росту та розвитку щеплених гібридів, тобто ті показники, які найбільшою мірою визначають їхню ростову активність. За довжиною міжвузлів та висоті головного стебла з усіх гібридів виділяється варіант 5. У цього гібриду міжвузля середньою довжиною 5 сантиметрів, при висоті головного стебла 150 сантиметрів, відповідно, більша кількість листя на одиницю головного стебла, ніж у всіх досліджуваних гібридів.

Більш переконливо простежується перевага вищеперерахованих гібридів у настанні термінів закладки та

цвітіння перших чотирьох суцвіть, дає сумарну кількість днів. У гібридів на варіантах 2, 3, 5, щеплених в розщип, і 6 та 7, щеплених способом зрощення, закладка та цвітіння перших чотирьох суцвіть проходило на 12-18 днів пізніше, ніж у контрольного гібриду (див. табл. 2).

Так, за результатами наших досліджень із гібридів із напівдетермінантним типом зростання виділяється варіант 4 з щепленням гібриду F1 Ронда в розщип підщепую Бьюфорт, а з детермінантним – варіант 9 зі щепленням гібриду F1 Дуал Лардж способом зрощення, що мають ознаки скороплідності. У цих рослин висота закладки першого суцвіття на головному пагоні та тривалість цвітіння першого й наступних 3 суцвіть знаходиться у високому ступені кореляційної залежності раннього врожаю від часу закладки 2 ( $r=-0,82$ ), 3 ( $r=-0,81$ ) та 4 ( $r=-0,94$ ) суцвіть.

Висота закладки I суцвіття неспроможна бути показником скоростиглості для досліджуваних гібридів, тому що проведеним кореляційним аналізом встановлено, що зв'язок між показниками слабкий.

Усі отримані нами внаслідок щеплення гібриди перевершували стандарт із загальної врожайності (див. табл. 3).

У таблиці 3 простежується кількісна перевага врожайності отриманих гібридів у порівнянні з контр-



Таблиця 3

Урожайність (кг/м<sup>2</sup>) досліджуваних гібридів томату різного ступеня детермінантності (ФОР Горбенко В.С. 2019–2021 роки).

| Варіант досліджу    | 2019 рік           |                  | 2020 рік           |                  | 2021 рік           |                 | Середнє значення за 3 роки |                  |
|---------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|-----------------|----------------------------|------------------|
|                     | кг/ м <sup>2</sup> | в % від контролю | кг/ м <sup>2</sup> | в % від контролю | кг/ м <sup>2</sup> | в % от контролю | кг/ м <sup>2</sup>         | в % від контролю |
| 1 (контроль)        | 8,8                | 100              | 8,3                | 100              | 9,9                | 100             | 9,0                        | 100,0            |
| 4                   | 13,6               | 143              | 13,9               | 167,4            | 13,9               | 151             | 13,8                       | 153,3            |
| 8                   | 11,5               | 131              | 11,0               | 133              | 13,5               | 136             | 12,0                       | 133,3            |
| 7                   | 13,9               | 149              | 14,5               | 181              | 13,9               | 140             | 14,1                       | 155,6            |
| 2                   | 12,7               | 144              | 12,4               | 149              | 13,9               | 140             | 13,0                       | 144,4            |
| 6                   | 14,2               | 161              | 12,9               | 155              | 14,9               | 151             | 14,0                       | 155,5            |
| 3                   | 10,9               | 124              | 12,8               | 154              | 12,9               | 130             | 12,2                       | 135,6            |
| 9                   | 9,0                | 102              | 11,5               | 139              | 12,5               | 126             | 11,0                       | 122,2            |
| 5                   | 11,5               | 131              | 11,3               | 136              | 13,8               | 139             | 12,2                       | 135,6            |
| HIP <sub>0,95</sub> | 0,5                |                  | 0,6                |                  | 0,6                |                 | 0,7                        |                  |

Таблиця 4

Структура врожаю плодів гібридів томату (середнє за 2019–2021 роки)

| Варіант досліджу    | Врожайність, кг/м <sup>2</sup> |                    | Стандартних плодів по відношенню до загальної, % | Середня маса плода, г |
|---------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------|-----------------------|
|                     | загальна                       | стандартних плодів |                                                  |                       |
| 1 (контроль)        | 9,0                            | 7,5                | 83,3                                             | 162,0                 |
| 4                   | 13,8                           | 12,5               | 90,6                                             | 211,0                 |
| 8                   | 12,0                           | 10,7               | 82,2                                             | 267,0                 |
| 7                   | 14,0                           | 13,3               | 95,0                                             | 223,0                 |
| 2                   | 13,0                           | 11,2               | 86,2                                             | 193,0                 |
| 6                   | 14,0                           | 12,1               | 86,4                                             | 195,0                 |
| 3                   | 12,2                           | 10,4               | 85,2                                             | 198,0                 |
| 9                   | 11,0                           | 8,9                | 80,9                                             | 196,0                 |
| 5                   | 12,2                           | 11,2               | 91,8                                             | 203,0                 |
| HIP <sub>0,95</sub> | 0,7                            | 0,5                |                                                  | 21,2                  |

олем. Вони загалом за 3 роки перевищили контроль на 22,2%-55,6%. Найбільш стабільна загальна врожайність була у гібриді F1 Ронда, щепленого в розщип – у 2019 році 13,6 кг/м<sup>2</sup>, у 2020 та 2021 роках 13,9 кг/м<sup>2</sup>, що по відношенню до контролю становить 143%, 167,4% та 151% відповідно за роками. Гібрид F1 Ронда, щеплений способом зрощенням, забезпечив у 2019 та 2021 роках врожайність на рівні 13,6 кг/м<sup>2</sup>, яка у 2020 склала 14,5 кг/м<sup>2</sup>, що вище на 0,6 кг/м<sup>2</sup>, ніж у гібрида F1 Ронда, щепленого в розщип, а також по відношенню до контрольного варіанту становить 181%. Загальна врожайність гібриду F1 Пінк Делайт щепленим способом зрощення з підщепою Бьюфорт у 2019 році 14,2 кг/м<sup>2</sup>, у 2020 році 12,9 кг/м<sup>2</sup>, у 2021 році 14,9 кг/м<sup>2</sup>, що по відношенню до стандарту становить 161%, 155% та 151% за роками відповідно.

Проведений дисперсійний аналіз загальної врожайності (HIP<sub>0,95</sub>) дозволяє зробити висновок про те, що між контролем F1 Пінк Делайт та щепленими гібридами варіантів 4, 6 та 7 різниця врожайності істотна за роками, та в середньому за 2019–2021 роки, високої

точності досліджу, а між іншими варіантами не суттєва, що підтверджено показником HIP<sub>95</sub> (див. табл. 3).

При визначенні перспективності щеплених гібридів томату в наших дослідженнях поряд із величиною врожаю важливим показником є його якість, що істотно впливає на показники економічної ефективності вирощуваних гібридів.

Було розглянуто якість плодів виділених гібридів з урахуванням врожайності стандартних плодів, їхньої середньої маси та біометричних показників (див. табл. 4).

За показником «загальна врожайність» усі щеплені гібриди перевершили контроль на 2,0–5,0 кг/м<sup>2</sup>. В абсолютних одиницях найбільший урожай стандартних плодів отриманий у щеплених гібридів на варіантах 4, 6 та 7 і коливався в межах від 13,8 до 14,0 кг/м<sup>2</sup>.

Деяко інша закономірність простежувалася з показником «стандартності плодів», відсоток стандартних плодів по відношенню до загальної врожайності у щеплених гібридів на варіантах 8 та 9 (спосіб щеплення зближенням) був нижчим за стандартний гібрид F1 Пінк Делайт. Інші 6 гібридів перевищували за стандартністю контроль на 1,9–11,7% (див. табл. 4).

Плоди найвищої якості формують гібриди варіант 7 (95% стандартних); 4 (90,6% стандартних); 5 (91,8% стандартних).

Іншим показником, що характеризує товарні якості плодів, є їхня середня маса. За вимогою виробників томату в плівкових теплицях центральної частини України маса плодів має коливатися в межах 200-250 г (для напівдетермінантних гібридів) та 180-200 г (для детермінантних). Практично всі щеплені гібриди мають середню масу плодів згідно з вимогами виробників тепличного господарства.

Найбільші плоди, масою 267,0 г, відзначені в гібриду, щепленого способом зближення на варіанті 8, трохи менше плоди, 211,0-223,0 г, у гібридів на варіантах 4 (щеплення в розщип) та 7 (щеплення способом зближення). Інші щеплені гібриди мають середню масу плодів від 193,0 г.

Міцність перикарпію, як і його товщина, характеризує якість плодів щеплених гібридів. Цей показник безпосередньо впливає на транспортабельність плодів. Даний показник у досліджуваних гібридів має значення, наближені до контрольних варіантів. Дещо більший цей показник у гібридів: варіантах 9, а також 7 порівняно з контролем.

Товщина перикарпію плодів щеплених гібридів дещо більше, ніж на контрольному варіанті. За даними трирічних досліджень, у більшості гібридів товщина перикарпію склала 111,8-150,0% порівняно з контролем, і тільки у гібриду варіанту 9 (щеплення способом зближення) цей показник склав 93,4% (див. табл. 5).

Як вже відзначали раніше, усі щеплені гібриди мають більші плоди, ніж на контрольному варіанті. Відомо, що велику масу плода мають гібриди, у яких більша кількість локул. За нашими експериментальними даними, цей показник у всіх щеплених гібридів був більшим, ніж у контрольного гібриду. У плодів контрольного гібрида чотири локули, інші гібриди у плодах мають від 5 до 7 локул. Якщо порівняти середню масу таких гібридів, то варто відмітити, що перевищення за цим показником над контролем мають отримані гібриди після щеплення та мають по 5-7 локул. Це значення коливається від 31 до 105 г, або від 19 до 65%.

Для підтвердження зв'язку середньої маси плодів із кількістю локул нами вивчено кореляційну залежність отриманих ознак. Встановлено, що дана залежність підтверджена коефіцієнтом кореляції рівним 0,75, що вважається тісною. Вірогідність такої залежності підтверджується критеріями значущості на 95% рівнянням ймовірності.

Форма плоду, його маса та смак мають вирішальне значення при виборі томату споживачем [11, с. 82]. Так, якщо 7-10 років тому попит мали плоди плоско-округлої форми, що мають світло-червоне забарвлення, то зараз ринок став більш вимогливим. У даний час користуються попитомі плоди з яскраво-червоним забарвленням, масою у 200-220 грам, округлої форми ( $i = 0,8-1,0$ ), з високими смаковими якостями, лежкі та придатні до транспортування [3, с. 150].

За комплексом біометричних показників виділилися щеплені гібриди варіантів 8 з індексом плоду 0,9, середньою масою 267 грам, товщиною перикарпію 0,95 та з шістьма камерами в плодах, а також варіант 7 з індексом плоду 0,5, середньою масою 234 гр, товщиною перикарпію 0,98, з п'ятьма камерами у плодів.

**Висновки.** У результаті проведених експериментальних досліджень встановлено, що для отримання ранньої продукції та підвищення загальної врожайності великоплідних гібридів томату при вирощуванні в плівкових теплицях IV світлової зони України, що не обігріваються, щеплені гібриди напівдетермінантного типу зростання F1 Ронда в розщип підщепую гібриду томата F1 Бьюфорт та детермінантного F1 Дуал Лардж способом зрощенням.

Використання способів щеплення в розщип та зрощенням для гібридів F1 Ронда та F1 Дуал Лардж підтверджується сильним достовірним кореляційним зв'язком  $r = -0,81$  та  $-0,94$  відповідно у фазу цвітіння другого, третього та четвертого суцвіття, що вплинуло на величину раннього врожаю плодів томату.

Плоди найвищої якості формують гібриди F1 Ронда, щеплені способом зрощення (95% стандартних); F1 Ронда, щеплені способом в розщип (90,6% стандартних), та F1 Дуал Лардж, щеплені способом в розщип (91,8% стандартних).

Таблиця 5

Індекс та біометричні показники плодів щеплених гібридів томату (середнє за 2019–2021 роки)

| Варіант досліджу    | Характеристика плоду |             |            | Середня маса плода, г | Міцність перикарпію, кг/см <sup>2</sup> | Товщина перикарпію, см | Середня кількість насінних камер, шт. |
|---------------------|----------------------|-------------|------------|-----------------------|-----------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|
|                     | індекс               | довжина, см | ширина, см |                       |                                         |                        |                                       |
| 1 (контроль)        | 0,7                  | 5,7         | 8,3        | 162,0                 | 6,6                                     | 0,76                   | 3,2                                   |
| 4                   | 0,7                  | 5,2         | 7,9        | 211,0                 | 6,6                                     | 0,85                   | 4,4                                   |
| 8                   | 0,9                  | 7,2         | 7,8        | 267,0                 | 6,1                                     | 0,95                   | 6,2                                   |
| 7                   | 0,5                  | 4,3         | 7,9        | 223,0                 | 6,9                                     | 0,98                   | 5,3                                   |
| 2                   | 0,7                  | 5,6         | 7,7        | 193,0                 | 6,4                                     | 1,14                   | 5,2                                   |
| 6                   | 0,7                  | 5,4         | 7,7        | 195,0                 | 5,4                                     | 0,98                   | 5,4                                   |
| 3                   | 0,7                  | 5,7         | 8,3        | 198,0                 | 4,7                                     | 0,95                   | 5,3                                   |
| 9                   | 0,9                  | 7,3         | 8,2        | 196,0                 | 7,0                                     | 0,71                   | 5,6                                   |
| 5                   | 0,6                  | 5,2         | 8,4        | 203,0                 | 5,2                                     | 0,91                   | 5,8                                   |
| НІР <sub>0,95</sub> | 0,1                  | 0,5         | 0,4        | 21,2                  | 0,2                                     | 0,10                   | 0,4                                   |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Хареба О.В., Цизь О.М., Хареба О.В., Хареба В.В. Використання сорто підщепних комбінуваних – перспективний прийом підвищення продуктивності та якості помідора за вирощування способом малооб'ємної гідропоніки. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2020. Том 11, № 4. С. 78–86.
- Гаенко Н.П., Лебл Д.О. Тепличное овощеводство Голландии. Москва : Колос, 1971. 184 с.
- Гурін М.В. Екологічна пластичність і стабільність продуктивності у гібридів F1 томата. *Овочівництво і баштанництво*. 2012. Вип. 58. С. 145–151.
- Азарков О.М. Хвороби в'янення томата закритого ґрунту – симптоми та діагностика. *Карантин і захист рослин*. 2008. № 6. С. 26.
- Ілюк Н.А. Щеплення помідора та його продуктивність. *Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин*. Київ : Алефа, 2005. № 1. С. 60–65.
- Ковальов М.М. Енергетична ефективність використання Тладіанти сумнівної як підщепи у процесі вирощування огірка Козіма F1 у гідропонних купольних теплицях. *Аграрні інновації Рецензований науковий журнал*. № 7 2021. Видавничий дім «Гельветика». С. 79–83.
- Чайка Т.О. Ефективність органічного сільського господарства в Україні. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2011. № 4. С. 160–164.
- Ілюк Н.А. Підщепи Бьюфорт та її використання для щеплення помідора в закритому ґрунті. *Українська наука в мережі Інтернет: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції (26-28 лютого 2006 р.)*. Київ, 2006. С. 64–65.
- Бондаренко Г.Л., Яковенко К.І. Методика дослідження овочів і баштанних культур. Харків : Основа, 2001. 370 с.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва : Колос, 1979. 415 с.
- Ковальов М.М. Резніченко В.П. Оцінка якісних показників підземних вод для систем ін'єкційного зрошення за вирощування томату розсадним способом. *Таврійський науковий вісник: Науковий журнал Сільськогосподарські науки*. Вип. 115. Видавничий дім «Гельветика», 2020. С. 76–84.
- of wilting of tomato in the closed ground – symptoms and diagnosis]. *Karantyn i zakhyst roslyn-Quarantine and plant protection*. 6, 26 [in Ukrainian].
- Ilyuk N. A. (2005). Shcheplennya pomidora ta yoho produktyvnist'. *Sortovyvchennya ta okhorona prav na sorty roslyn* [Tomato grafting and its productivity. Variety research and protection of plant variety rights]. Kyiv.: Alefa, [in Ukrainian].
- Kovalov M. M. (2021). Enerhetychna efektyvnist' vykorystannya Tladianty sumnivnoyi yak pidshchepy u protsesi vyroshchuvannya ohirka Kozima F1 u hidropornykh kupol'nykh teplotytsakh. [Energy Efficiency of Using Thladiantha Dubia as a Rootstock While Growing Kozima F1 Cucumber in Hydroponic Dome Greenhouses]. *Ahrarni innovatsiyi Retsenzovanyy naukovyy zhurnal. Agrarian Innovations Peer-reviewed scientific journal*. Helvetica Publishing House. 7, 79-83 [in Ukrainian].
- Chayka T. O. (2011). Efektyvnist' orhanichnoho sil's'koho hospodarstva v Ukrayini [Efficiency of organic agriculture in Ukraine]. *Visnyk Poltavskoyi derzhavnoyi ahrarnoyi akademiyi-Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*, 4, 160-164 [in Ukrainian].
- Ilyuk N. A. (2006). Pidshchepa B'yufort ta yiyi vykorystannya dlya shcheplennya pomidora v zakrytomu grunty [Beaufort rootstock and its use for grafting tomatoes indoors]: *Materialy Vseukrayinskoyi naukovy-praktychnoyi internet-konferentsiyi «Ukrayins'ka nauka v merezhi Internet»*-. *Proceedings from All-Ukrainian Scientific and Practical Internet Conference «Ukrainian Science on the Internet»*. (pp. 64-65). Kyiv [in Ukrainian].
- Bondarenko G. L., & Yakovenko K. I. (2001). Method of research affairs in Vegetables and Melons. Kharkiv: Osnova. [in Ukrainian].
- Dospikhov B. A. (1979). Metodika polevogo opyta [Field experiment methodology]. Moscow.: Kolos. [in Russian].
- Kovalov M. M. & Reznichenko V. P. Otsinka yakisnykh pokaznykiv pidzemnykh vod dlya system in'yektsiynoho mikrozhroshennya za vyroshchuvannya tomatu rozsadnym sposobom [Estimation of groundwater quality indicators for injection micro-irrigation systems for tomato seedling cultivation]. *Tavriys'kyi naukovyy visnyk: Naukovyy zhurnal. Sil's'kohospodars'ki nauky. Vydavnychyy dim «Hel'vetyka» - Tavria Scientific Bulletin: Scientific Journal. Agricultural sciences. «Helvetica» Publishing House*, 115, 76-84 [in Ukrainian].

## REFERENCES:

- Khareba O. V., & Tsyzy' O. M., & Khareba O. V., & Khareba V. V. (2020). Vykorystannya sortu pidshchepnykh kombinuvan' – perspektivnyy pryom pidvyshchennya produktyvnosti ta yakosti pomidora za vyroshchuvannya sposobom maloob'yemnoyi hidroponiky [The use of rootstock combinations is a promising way to increase the productivity and quality of tomatoes when grown in low-volume hydroponics]. *Roslynnystvo ta gruntoznavstvo- Crop and soil science*. vol. 11, 4, 78-86 [in Ukrainian].
- Haenko N.P., & Lebl D.O. (1971). Teplychnoe ovoshchevodstvo Hollandyy [Greenhouse vegetable growing in Holland]. Moscow : Kolos. [in Russian].
- Hurin M. V. (2012). Ekologichna plastychnist' i stabil'nist' produktyvnosti u hibrydiv F1 tomata [Ecological plasticity and productivity stability in tomato F1 hybrids]. *Ovochivnytsstvo i bashtannytsstvo-Vegetable growing and melon growing*. 58, 145–151 [in Ukrainian].
- Azarkov O. M. (2008). Khvoroby v'yanennya tomata zakrytoho gruntu – symptomu ta diahnozyka [Diseases

## Ковальов М.М. Вплив способу щеплення томату на його продуктивність в умовах плівкових теплиць

Пріоритетним напрямком на сучасному етапі розвитку овочівництва є отримання високоякісної, екологічно безпечної продукції в комплексі з розробкою та впровадженням нових агротехнічних прийомів вирощування. Причому перспективними є ті, котрі можуть суттєво розширити асортимент вирощуваних культур, кінцевою метою яких є урізноманітнення харчування населення. У даний час перспективним є пошук нових високоефективних і екологічно безпечних технологій вирощування овочевих рослин, великого значення набувають біологічні методи впливу на рослинний організм. Одним із таких методів є застосування щеплення. Метою роботи була розробка елементів технології вирощування томату із застосуванням різних способів щеплення, що забезпечують стійкість рослин до хвороб та підвищення їх врожайності в умовах плівкових теплиць.

**Методи.** Досліди проводили в умовах плівкових теплиць у зимово-весняній сівоzmіні. **Результати.** Вирощування томату індетермінантного типу зростання в умовах захищеного ґрунту IV світлової зони України є пріоритетною задачею, оскільки такі рослини забезпечують сильний вегетативний ріст та розвиток, високу ремонтантність, рівномірну віддачу врожаю, а також відрізняються легкістю їх формування. Водночас індетермінантні гібриди малоприсадибні для плівкових теплиць, де потрібно отримувати продукцію в короткий термін вегетації рослин. Для плівкових теплиць в умовах IV світлової зони України потрібні скоростиглі напівдетермінантні гібриди, що мають високу частоту закладання суцвіть, придатні до загущених посадок та забезпечують раціональне використання об'єму теплиці. Окрім того, такі рослини краще адаптовані до умов недостатнього освітлення. Із цих причин їх можна висаджувати в зимово-весняному обороті плівкових теплиць, що не обігріваються, в кінці березня – на початку квітня. Найкращим рішенням поєднання домінуючих ознак томату з детермінантним та індетермінантним типами зростання є використання різних способів щеплення рослин. Досліджувані гібриди з обмеженим типом розвитку були представлені рослинами з висотою головного стебла від 98,7 до 124 см. За результатами досліджень в умовах плівкових теплиць обґрунтовано можливість використання гібриду томата F1 Бьюфорт в якості підщепи при вирощуванні гібридів томату з усіх досліджених гібридів з напівдетермінантним типом зростання виділяється варіант з щепленням гібриду F1 Ронда в розщип, а з детермінантним – зі щепленням гібриду F1 Дуал Лардж способом зрощення, що мають ознаки скороплідності.

**Висновки.** У результаті проведених експериментальних досліджень встановлено, що найбільші плоди, масою 267,0 г, відзначені в гібриду F1 Дуал Лардж, щепленого способом зближення, трохи менше плоди, 211,0-223,0 г, – у гібриду F1 Ронда при щепленні в розщип та при щепленні способом зближення. Інші щеплені гібриди мають середню масу плодів від 193,0 до 198,0 г, що на 19,0-22,0% більше за контроль. Плоди найвищої якості формують гібриди F1 Ронда, щеплені способом зрощення (95% стандартних); F1 Ронда, щеплені способом у розщип (90,6% стандартних); та F1 Дуал Лардж, щеплені способом в розщип (91,8% стандартних).

**Ключові слова** щеплення, гібриди томату, урожайність, якість продукції.

**Kovalov M.M. Influence of tomato grafting method on its productivity in film greenhouses**

The priority trend at present stage of vegetable development is to obtain high-quality, environmentally

friendly products in combination with the development and implementation of new agronomic methods of cultivation. Moreover, promising methods are those that can significantly expand the range of crops grown, the ultimate goal of which is to diversify the diet of the population. Currently, the search for new highly efficient and environmentally friendly technologies for growing vegetable plants is promising, and biological methods of influencing the plant organism become increasingly important. One of such methods is the use of rootstock. **The objective** The aim of the work was to develop elements of tomato cultivation technology using different methods is the use of rootstock, which ensure the resistance of plants to diseases and increase their yield in film greenhouses.

**Methods.** The experiments were performed in film greenhouses in the winter-spring crop rotation. **Results.** Growing tomatoes of indeterminate type of growth in protected soil IV light zone of Ukraine is a priority, as such plants provide strong vegetative growth and development, high remontancy, uniform yield, and easy to form. At the same time, indeterminate hybrids are unsuitable for film greenhouses, where you want to get products in the short term of the growing season. For film greenhouses in the conditions of the IV light zone of Ukraine, precocious semi-determinant hybrids are required, which have a high frequency of inflorescence laying, are suitable for thickened plantings and provide rational use of the greenhouse volume. In addition, such plants are better adapted to low light conditions. For these reasons, they can be planted in the winter-spring turnover of unheated film greenhouses in late March and early April. The best solution to combine the dominant traits of tomato with determinant and indeterminate types of growth is to use different methods of plant grafting. The studied hybrids with limited type of development were represented by plants with a height of the main stem from 98,7 to 124,0 cm. variant with grafting of F1 hybrid Ronda in the split, and with the determinant with grafting of hybrid F1 Dual Large method of fusion, with signs of early fruiting.

**Conclusions.** As a result of experimental studies, it was found that the largest fruits, weighing 267,0 g were observed in the hybrid F1 Dual Large methods is the use of rootstock, slightly less than the fruit 211,0-223,0 g in the hybrid F1 Ronda when grafting. Other grafted hybrids have an average fruit weight of 193,0 to 198,0 g, which is 19,0-22,0% more than the control. Fruits of the highest quality form F1 Ronda hybrids methods is the use of rootstock of splicing (95% of standard); F1 Ronda splitting method (90.6% of standard) and F1 Dual Large splitting method (91.8% of standard).

**Key words:** the use of rootstock, tomato hybrids, yield, product quality.

## **ЕКОЛОГІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ СУМІШЕЙ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ ТА КОМПЛЕКСНИХ ДОБРІВ**

**ЛАСЛО О.О.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент,  
[orcid.org/0000-0002-0101-4442](https://orcid.org/0000-0002-0101-4442)

Полтавський державний аграрний університет

**НАГОРНА С.В.** – кандидат сільськогосподарських наук,  
[orcid.org/0000-0001-6286-1656](https://orcid.org/0000-0001-6286-1656)

Полтавський державний аграрний університет

### **Постановка проблеми.**

Ріст цін на мінеральні та органічні добрива зумовлює аграріїв до пошуку альтернативних препаратів, які мають стимулюючу дію на ростові процеси рослинних організмів, забезпечують необхідними елементами живлення, покращують мікробіологічні, фізіологічні та біохімічні процеси у ґрунті та рослинах, є простими у застосуванні і мають доступну цінову політику.

Саме поступовий перехід від традиційної технології вирощування основної зернової культури України – пшениці озимої – до альтернативних та екологічно збалансованих технологій є пріоритетним спрямуванням розвитку зернового напрямку галузі рослинництва [1].

Україна має потужний та унікальний потенціал ґрунтів та сприятливий континентальний клімат для вирощування широкого спектру сільськогосподарських культур, проте глобальні кліматичні зміни призвели до прискореної деградації ґрунтового покриву, втрати родючості, зниження вмісту органічної речовини, дисбалансу агроєкосистеми.

Негативні зміни зумовлені також незбалансованим використанням мінеральних добрив, відсутністю органічного удобрення, що порушує структуру ґрунту, негативно впливає на зміну фізико-хімічних показників, сприяє надмірній мінералізації та забруднює довкілля нітратами, фосфатами та нітридами.

Саме ці фактори впливають на зниження потенціалу та урожайності пшениці озимої і сприяють пошуку нових, продуктивних та економічно виправданих елементів технології вирощування.

Елементами для стабілізації екосистеми шляхом зниження на неї пестицидного тиску є використання природно-синтетичних препаратів, що мають широкий спектр дії, регулюють ріст і розвиток рослин, мають потужні адаптивні властивості до критичних умов середовища, сприяють тим самим підвищенню продуктивності та покращенню якості зернової продукції.

Численні наукові дослідження показали доцільність та ефективність сумісного застосування добрив і рістстимулюючих препаратів, що мають антиоксидантний ефект. Позитивною стороною застосування рістрегулюючих препаратів є їх невеликі норми внесення, екологічна безпека, синергічна дія, що підсилює ефект препаратів що використовують у сумішах [6; 7].

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Аналіз наукових праць та досліджень за тематикою впливу фітогормонів, мікродобрив, регуляторів росту

на урожайність пшениці озимої показав актуальність та необхідність пошуку оптимальних композицій та строків внесення.

Дані польових та наукових досліджень показали тенденцію до збільшення показника надземної маси на варіантах з підвищеним агрофоном за впливу досліджуваних рістрегулюючих препаратів, оскільки відбувалася оптимізація фосфорно-калійного споживання елементів, підвищувалася зимостійкість рослин пшениці, відбувалася стимуляція росту кореневої системи, що в подальшому вплинуло на підвищення зимостійкості рослин [5].

Амінокислотний комплекс, що міститься у досліджуваних регуляторах росту, активізує синтез білків, за рахунок чого відбувалося збереження надземної маси рослин пшениці озимої порівняно з контрольними показниками.

За використання досліджуваних регуляторів росту при весняній вегетації спостерігали активний ріст вузлових коренів, стебел, підвищувалася вегетативна маса [3].

Отримання високих і сталих урожаїв пшениці озимої та якісного зерна є пріоритетним напрямком розвитку зернової галузі, і саме вдале і раціональне поєднання органічних і мінеральних добрив у системі живлення. Важливим моментом є також внесення науково-випробувальних добрив, що розраховані на запланований урожай, оскільки все більше аграріїв прагнуть вирощувати екологічно безпечну і високоякісну зернову продукцію, яка буде конкурентоспроможною не тільки на внутрішньому, а й на зовнішньому ринку [6].

Цінова політика на ринку добрив зумовлює пошук шляхів здешевлення системи живлення шляхом використання у технологіях вирощування регуляторів росту рослин та мікродобрив, що показали свою ефективність не тільки як окремі компоненти, а й у композиційних сумішах за різних строків і способів обробки ними [1; 7].

Дослідження із сумісного застосування макро- та мікродобрив у посівах пшениці озимої при позакореневому підживленні у фазах куціння та колосіння показали підвищення показників продуктивності та урожайності культури. Варіанти досліду передбачали використання макродобрив: хлористого калію, аміачної селітри та суперфосфату із сумісним внесенням хелатного мікродобрива, що має такий склад: цинк 25; молібден 0,1; марганець 5% кобальт 0,04; мідь 6; залізо 5 г/л [5].

Ефективність рістрегулюючих препаратів та мікродобрива залежала від елементів технології й погодних умов року, а саме від способу внесення, агрофону удобрення та обробітку ґрунту [3].

Науковими дослідженнями встановлено та експериментально доведено, що регулювання урожайності та якості зернової продукції на недостатньо родючих і забезпечених елементами живлення ґрунтах сприяє підвищенню показників саме за оптимальних норм макро- та мікро-добрив із вдалим поєднанням мікроелементних препаратів при врахуванні кліматичних умов року вирощування [4].

Застосування високоефективних хелатних форм добрив для позакореневого вегетаційного підживлення сприяє оптимізації фізіологічних процесів, знижує і регулює нестачу поживних елементів у критичні періоди росту і розвитку зернових культур, що у подальшому сприяє підвищенню продуктивності і рентабельності вирощування [5].

Ефективність біорегуляторів підсилюється унаслідок сумісного використання їх з мікродобривами, оскільки останні беруть участь у біохімічних та фізіологічних процесах росту і розвитку рослин пшениці, входять до складу ростових речовин, ферментів та вітамінів, а поступовий перехід від традиційних інтенсивних технологій до екологічно безпечних та ресурсозберігаючих є головним і пріоритетним напрямом розвитку АПК України [1].

**Метою** досліджень, що представлені у даній праці, було вивчення впливу мікродобрива комплексної дії Оракул мультикомплекс та природно-синтетичного регулятора росту й розвитку рослин на урожайність і якість зерна пшениці озимої, а також на біометричні показники за різних строків обробки.

#### **Матеріали та методика досліджень.**

Дослід проводили у зерно-технічній короткопільній сівозміні фермерського господарства у триразовій повторності, попередник соя. Площа облікової ділянки – 25 м.кв.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий малогумусний, агрохімічні характеристики: вміст азоту – 9,5–11,1 мг, фосфору – 7,9–14,3 мг, калію – 9,8–12,7 мг на 100 г ґрунту, гумус – 2,5–3,8 %, рН 5,9–6,7.

Об'єкти досліджень – сорт пшениці озимої інтенсивного типу Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла УААН Смуглянка, біорегулятор Вимпел-2, добриво Оракул мультикомплекс. Підживлення досліджуваними препаратами проводили одночасно з азотним підживленням рослин пшениці озимої.

Методи досліджень: польовий, лабораторний, математично-статистичний, розрахунково-порівняльний методи.

#### **Результати досліджень.**

Дослідження впливу препаратів на структуру урожаю пшениці озимої (табл. 1) дало можливість прослідкувати ефективність та кількісні зміни елементів структури за різних способів обробки як окремо добрива Оракул мультикомплекс, так і в суміші з регулятором росту.

Аналізуючи отримані експериментальні дані, можемо сказати, що елементи структури урожаю на варіанті 3 були найкращими. Так, висота рослин підвищилася на 3,2 см; довжина колоса – на 1,3 см; кількість зерен у колосі – на 3,1 шт; маса зерна з колоса – на 0,12 г; маса 1000 зерен – на 2,9 г. Незначне відхилення відмічено на варіантах 2 (обробка насіння сумішшю) і 4 (обробка добривом), проте в порівнянні з контролем показники підвищилися, що свідчить про ефективність застосування препаратів у даних варіантах.

Головним завданням наших досліджень було визначення впливу препаратів Вимпел-2 та Оракул мультикомплекс на урожайність та якість зерна пшениці сорту Смуглянка (табл. 2).

Аналізуючи показники урожайності пшениці озимої за повтореннями, спостерігаємо їх підвищення відносно контролю на варіантах 2, 3, 4. Так, урожайність за передпосівної обробки насіння сумішшю Вимпел-2 + Оракул мультикомплекс й вегетаційної обробки у добривом Оракул мультикомплекс у фазі прапорцевого листка майже не відрізнялися один від одного, проте прибавка урожаю була в межах 0,52–0,56 ц/га, тоді як прибавка на кращому варіанті із застосуванням суміші Вимпел-2 + Оракул мультикомплекс у фазу весняного кушення складала 0,94 ц/га. Найменша істотна різниця у досліді складає 0,1. Дія досліджуваних препаратів мала позитивний вплив і на показники кості насіння пшениці озимої сорту Смуглянка та сприяла розкриттю її генетичного потенціалу.

Отримані лабораторні показники якості зерна пшениці озимої підтвердили ефективність досліджуваних препаратів у порівнянні з контролем. Обробка лише добривом Оракул мультикомплекс і передпосівна обробка насіння Вимпел-2 + Оракул мультикомплекс мали несуттєві розбіжності між собою, а внесення суміші регулятора росту і добрива у фазі весняного кушення сприяло стимуляції ростових процесів рослин та підвищенню її продуктивності та якості отриманої продукції. Так, вміст білка збільшився на 1,5%, клейковини – на 4,4 %.

Таблиця 1

#### **Вплив передпосівної та вегетаційних обробок пшениці озимої на елементи структури урожаю**

| Варіанти                                             | Висота рослин, см | Довжина колоса, см | Кількість зерен у колосі, шт | Маса зерна з колоса, г | Маса 1000 зерен, г |
|------------------------------------------------------|-------------------|--------------------|------------------------------|------------------------|--------------------|
| Контроль (без обробки)                               | 72,3              | 8,9                | 37,1                         | 2,3                    | 34,1               |
| Вимпел-2 500 г/т + Оракул мультикомплекс 1 л/т       | 74,7              | 9,5                | 39,0                         | 2,38                   | 36,7               |
| Вимпел-2 (500 г/га) + Оракул мультикомплекс (2 л/га) | 75,5              | 10,2               | 40,2                         | 2,42                   | 37,0               |
| Оракул мультикомплекс (2 л/га)                       | 74,2              | 9,1                | 38,3                         | 2,36                   | 35,7               |

Таблиця 2

## Вплив передпосівної та вегетаційних обробок пшениці озимої на урожайність та якість зерна

| Варіанти                                             | Урожайність, ц/га | Показники якості, % |            |
|------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|------------|
|                                                      |                   | Білок               | Клейковина |
| Контроль (без обробки)                               | 6,43              | -                   | -          |
| Вимпел-2 500 г/т + Оракул мультикомплекс 1 л/т       | 6,99              | 0,56                | 8,7        |
| Вимпел-2 (500 г/га) + Оракул мультикомплекс (2 л/га) | 7,37              | 0,94                | 14,6       |
| Оракул мультикомплекс (2 л/га)                       | 6,95              | 0,52                | 8,08       |
| НІР <sub>0,5</sub>                                   | 0,1               |                     |            |

**Висновки.**

Проведені лабораторні і польові дослідження стосовно ефективності використання препаратів нового покоління, що мають природно-синтетичне походження як у суміші, так і окремо для передпосівної та вегетаційних обробок, засвідчили підвищення показників продуктивності пшениці озимої на варіанті з обробкою суміші у фазі весняного кушіння, що сприяло найбільш повному розкриттю генетичного потенціалу сорту Смуглянка.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Авраменко А., Циганко В. Як регулятори росту рослин впливають на урожайність пшениці озимої. 2016. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/711-iak-rehulatory-rostu-roslyn-vplyvaiut-na-urozhainist-pshenytsi-ozymoi.html> (режим звернення: 12.06.22 р.).
2. Буряк Ю.І. Регулятори росту рослин – важливий елемент сучасних технологій вирощування насіння зернових колосових культур. *Стан та перспективи розвитку насінництва в Україні*. Київ, 2008. С. 196–200.
3. Громова А.А., Щукін В.Б., Варавва В.Н. Эффективность регуляторов роста и биопрепаратов на озимой пшенице и просе. *Земледелие*. 2005. № 6. С. 34–35.
4. Ходаніцький В., Ходаніцька О. Зернові культури та регулятори росту. 2019. URL: <https://propozitsiya.com/ua/zernovi-kultury-ta-regulatory-rostu>. (режим звернення: 22.06.22 р.).
5. П'ятецька С.Є. Підживлення озимих культур азотними добривами. 2021. URL: <https://chornuhynska-gromada.gov.ua/news/1613573602/> (режим звернення: 22.06.22 р.).
6. Пономаренко С.П. Біостимуляція в рослинництві – український прорив : зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф. «*Биологические препараты в растениеводстве*». Київ, 2008. С. 45–48.
7. Ткачук О.О. Екологічна безпека та перспективи застосування регуляторів росту рослин. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2014. № 3. С. 41–44.

**REFERENCES:**

1. Avramenko, A., Tsyhanko, V. (2016). Yak rehulatory rostu roslyn vplyvaiut na urozhainist pshenytsi ozymoi. [As plant growth regulators affect the yield of winter wheat]. <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/711-iak-rehulatory-rostu-roslyn-vplyvaiut-na-urozhainist-pshenytsi-ozymoi.html>. [in Ukrainian].
2. Buriak, Yu. I. (2008). Rehulatory rostu roslyn – vazhlyvyi element suchasnykh tekhnolohii vyroshchuvannia

nasinnia zernovykh kolosovykh kultur. [Plant growth regulators are an important element of modern technologies for growing seeds of cereals]. Kyiv. 196–200. [in Ukrainian].

3. Hromova, A.A., Shchukyn, V.B., Varavva, V.N. (2005). Effektivnost reguliatorov rosta i biopreparatov na ozimoy pshenitse i prose. [Efficiency of growth regulators and biopreparations on winter wheat and millet]. *Agriculture*. 6, 34–35 [in Russian].
4. Khodanitskyi, V., Khodanitska, O. (2019). Zernovi kultury ta rehulatory rostu. [Cereals and growth regulators]. <https://propozitsiya.com/ua/zernovi-kultury-ta-regulatory-rostu>. [in Ukrainian].
5. Piatetska, S.E. (2021). Pidzhivlennia ozymykh kultur azotnymi dobryvamy. [Feeding winter crops with nitrogen fertilizers]. <https://chornuhynska-gromada.gov.ua/news/1613573602/>. [in Ukrainian].
6. Ponomarenko, S.P. (2008). Biostymulatsiia v roslynnytstvi – ukrainskyi proryv. [Biostimulation in crop production is a Ukrainian breakthrough]. *Biological preparations in crop production*. Kyiv, 45–48 [in Ukrainian].
7. Tkachuk, O.O. (2014). Ekolohichna bezpeka ta perspektyvy zastosuvannia rehulatoriv rostu roslyn. [Environmental safety and prospects for the use of plant growth regulators]. *Bulletin of Vinnytsia Polytechnic Institute*. 3, 41–44 [in Ukrainian].

**Ласло О.О., Нагорна С.В. Екологізація технології вирощування пшениці озимої за використання ком-позиційних сумішей регуляторів росту та комплексних добрив**

**Метою досліджень** було визначення ефективності застосування насінневої та вегетаційної обробок регулятором росту Вимпел-2 та добривом Оракул мультикомплекс на ріст, розвиток та продуктивність пшениці озимої.

**Методи досліджень:** польовий, лабораторний, математично-статистичний, розрахунково-порівняльний методи.

**Результати.**

Одним із шляхів вирішення питання скорочення посівних площ зернових культур є покращення і вдосконалення технології вирощування, що сприятиме формуванню продуктивності та розкриттю генетичного потенціалу сортів як вітчизняного, так і закордонного селекційних центрів та забезпечить екологічну безпеку для навколишнього середовища.

Важливим елементом технологій вирощування зернових культур є вдала оптимізація системи живлення рослин протягом вегетаційного періоду з огляду на забезпеченість ґрунту поживними макро- та мікроелементами.

Досягнення високого рівня продуктивності пшениці озимої можливе шляхом упровадження в технологію вирощування препаратів природного та синтетичного спектру, що здатні підвищувати адаптивні властивості рослин до умов середовища, стимулювати процеси росту, розвитку, живлення і засвоєння елементів з ґрунту. Тому питання покращення системи живлення пшениці озимої потребує експериментальних досліджень та пошуку оптимізації агрозаходів при вирощуванні високопродуктивних сортів вітчизняної селекції з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов, адаптивних властивостей, генетичного потенціалу та інших факторів, що забезпечать у підсумку високу продуктивність культури.

У статті наведено результати впровадження компонента екологізації технології вирощування пшениці озимої, зокрема ефективність застосування препарату рістстимулюючої дії Вимпел-2 у нормі 500 г/га та добрива Оракул мультикомплекс у нормі 2 л/га. Доведено ефективність суміші саме у фазі весняного кушення, що значно вплинуло на підвищення урожайності пшениці озимої в порівнянні з контролем і склало 14,6%.

**Висновки.** Результати польових досліджень свідчать про ефективність рекомендованих елементів екологізації системи удобрення пшениці озимої, і саме для підвищення продуктивності пшениці озимої необхідно проводити стимулювання росту і розвитку рослин препаратами в суміші з комплексними добривами для ранніх вегетаційних обробок у фазі весняного кушення, а саме Вимпел-2 (500 г/га) + Оракул мультикомплекс (2 л/га).

**Ключові слова:** пшениця озима, система удобрення, біостимулятори росту, комплексні добрива, урожайність.

**Laslo O.O., Nagorna S.V. Ecological technologies for growing winter wheat using mixtures of growth regulators and complex fertilizers**

**Purpose.** The purpose of our research was to determine the effectiveness of seed and vegetation treatments with the growth regulator Vimpel-2 and fertilizer Oracul multicomplex for the growth, development and productivity of winter wheat.

**Research methods:** field, laboratory, mathematical and statistical, computational and comparative methods.

**Results.** One of the important tasks of agriculture is to ensure stable yields of one of the most valuable food crops – wheat. Today, every year the area under wheat crops is reduced and replaced by crops such as corn and sunflower, which leads to an imbalance in crop rotation and the environment as a whole. One of the ways to solve the problem of reducing the sown area of cereals is to improve and improve the technology of cultivation, which will promote productivity and unleash the genetic potential of varieties of both domestic and foreign breeding centers and fully ensure environmental safety.

An important element of grain growing technologies is the successful optimization of the plant nutrition system during the growing season, given the soil's supply of macronutrients and micronutrients.

Achieving a high level of productivity of winter wheat is possible by introducing into the technology of growing drugs of natural and synthetic spectrum that can increase the adaptive properties of plants to environmental conditions, stimulate growth, development, nutrition and assimilation of soil elements.

Therefore, the issue of improving the existing nutrition system of winter wheat requires experimental research and search for optimization of agronomic measures in the cultivation of productive varieties of domestic selection, considering soil and climatic conditions, adaptive properties, genetic potential and other factors that will ensure high crop productivity.

The article presents the results of introduction of components of greening of winter wheat cultivation technology, in particular the efficiency of application of growth regulator Vimpel-2 in the norm of 500 g/ha and fertilizer Oracul multicomplex in the norm of 2 l/ha. The efficiency of the mixture in the spring tillering phase was proved, which significantly increased the yield of winter wheat in comparison with the control and amounted to 14,6%.

**Conclusions.** The results of field research indicate the effectiveness of the recommended elements of greening the winter wheat fertilizer system, and to increase the productivity of winter wheat it is necessary to stimulate plant growth and development with drugs mixed with complex fertilizers for early vegetation treatments in the spring tillering phase, namely Vimpel-2 (500 g/ha) + Oracul multicomplex (2 l/ha).

**Key words:** winter wheat, fertilizer system, biological growth regulators, complex fertilizers, yield.



## **ВПЛИВ СПОСОБІВ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА СИДЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ НА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО В СІВОЗМІНІ НА ЗРОШЕННІ**

**МАЛЯРЧУК М.П.** – доктор сільськогосподарських наук

*orcid.org/0000-0002-0150-6121*

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук

**РЕЗНІЧЕНКО Н.Д.** – кандидат сільськогосподарських наук

*orcid.org/0000-0002-5741-6379*

Асканійська державна сільськогосподарська дослідна станція

Інституту зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук

**ГАЛЬЧЕНКО Н.М.** – кандидат сільськогосподарських наук

*orcid.org/0000-0002-1717-5101*

Асканійська державна сільськогосподарська дослідна станція

Інституту зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук

**КАЗНОВСЬКИЙ О.В.** – аспірант

*orcid.org/0000-0003-1110-8415*

Асканійська державна сільськогосподарська дослідна станція

Інституту зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук

**Постановка проблеми.** Процес формування врожаю сільськогосподарських культур тісно пов'язаний з наявністю певних зовнішніх факторів, з різною здатністю рослин використовувати ґрунтово-кліматичні умови і протистояти несприятливим – фізичному, хімічному і біологічному впливам.

Створення оптимальних умов для кожної культури в сівозміні є досить важливою проблемою, і при цьому провідна роль відводиться обробітку ґрунту. В умовах зростання посушливості клімату в агропромисловому комплексі країни все більшого поширення знаходять вологозберігаючі системи безполицевого і нульового обробітку. Однак особливістю чорноземів південних, темно-каштанових та каштанових ґрунтів, які поширені на півдні України, є ущільнений перехідний горизонт та низька водопроникність. Тому питання мінімізації та переходу до нульового обробітку ґрунту при вирощуванні сільськогосподарських культур в умовах зрошення півдня України потребує детального експериментального дослідження.

Разом з тим могутнім і швидкодіючим фактором підвищення продуктивності культур та поліпшення якості рослинницької продукції є добрива. З огляду на високу вартість мінеральних добрив та значне зменшення обсягів внесення органіки в ґрунт питання раціонального та ефективного їх застосування стає особливо актуальним.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Система обробітку, яка використовується сьогодні в Україні, – одне з найбільш активно обговорюваних питань сучасного землеробства, що викликає великий резонанс у колах вчених і виробників [1–4]. Як зазначають ряд вітчизняних учених (О.Г. Тараріко, В.О. Ушкаренко, В.П. Гордієнко, А.М. Малієнко, М.П. Малярчук та ін.), при виборі правильного способу і глибини основного обробітку ґрунту вирішується цілий комплекс завдань. Це створення оптимальних умов для розвитку кореневої системи за рахунок регулювання агрофізичних параметрів ґрунту; захист ґрунту від ерозійних процесів

і деградації; регулювання водного і поживного режиму ґрунту; створення сприятливих умов для загортання насіння, рослинних решток та добрив.

У зв'язку з ростом культури землеробства та негативною післядією надмірної інтенсифікації обробітку, яка призводить до зменшення стійкості верхнього шару ґрунту вітровій і водній ерозії, останнім часом йде перехід від практики багаторазових обробітків до їх можливого скорочення або повної відмови. Застосування мінімізованих обробітків та технології нульового обробітку ґрунту розглядаються як основні фактори збереження родючості ґрунту.

Численними науковими працями вітчизняних та зарубіжних дослідників [5–7] визначено основні параметри фізичних властивостей ґрунтів, що зумовлюють ефективність застосування систем основного обробітку без обертання скиби та технології нульового обробітку. На противагу цьому більшість науково-дослідних установ України наводять експериментальні дані щодо диференційованого підходу до їх застосування [8–10]. Розрізненість поглядів на цю проблему спонукало до більш детального і поглибленого експериментального дослідження впливу таких технологій як на продуктивність сільськогосподарських культур, так і на ґрунтоутворюючі процеси.

За дослідженнями ряду вчених (В.Ф. Сайко, М.М. Городній, В.В. Гамаюнова та ін.) істотне підвищення врожайності сільськогосподарських культур забезпечується застосуванням добрив. Застосування мінеральних добрив у рекомендованих дозах – надто затратний та енергомісткий захід, що призвело до зниження кількості їх внесення на 35–40%. Разом із тим останніми роками в Україні внаслідок скорочення тваринницької галузі зменшилися обсяги внесення і органічних добрив – з 7,94 т/га у 1990 році до 0,42 т/га у 2018 році. У зв'язку із цим виникає потреба у використанні інших органічних добрив, які були б не менш ефективними та не вимагали значних матеріально-технічних затрат. Суттєве поповнення запасів органічної

речовини забезпечується за рахунок застосування післяжнивних рослинних решток сільськогосподарських культур та сидератів, які виступають важливими складовими енерго- і ресурсощадних технологій вирощування сільськогосподарських культур [11]. Тому використання сидеральних культур для удобрення ґрунту стає все більш актуальним. Крім того, доцільним є використання на сидерат не основних культур сівозміни, а проміжних посівів, які не зменшують посівну площу сівозміни (зернових, технічних, кормових культур), але при їх застосуванні підвищується родючість ґрунту і врожайність основних сільськогосподарських культур сівозміни [12].

Ураховуючи той факт, що ячмінь озимий досягає на 9–10 днів раніше пшениці озимої та на 12–14 днів раніше ярого ячменю, він виступає добрим попередником для використання післяжнивних сидеральних культур в структурі посівних площ зрошуваних сівозмін [13].

Таким чином, пошук шляхів, направлених на підвищення продуктивності культур та одночасне збереження родючості ґрунту, залишається актуальним і потребує подальшого експериментального дослідження в умовах зрошення Південного Степу України.

**Мета статті.** Дослідити вплив способів і глибини основного обробітку ґрунту та систем удобрення, на урожайність ячменю озимого в сівозміні на зрошенні.

**Матеріали і методика досліджень.** Дослідження проводились на зрошуваних землях Асканійської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту зрошеного землеробства Національної академії аграрних наук України.

У ґрунтово-кліматичному відношенні Асканійська ДСДС ІЗ НААН розташована в Сухо-степовій ґрунтово-екологічній підзоні на Каховському зрошувальному масиві. Клімат характеризується великими ресурсами тепла при недостатньому зволоженні. Середньорічна температура повітря складає 9,8 °С. Сума ефективних температур вище 10 °С становить 3200–3400 °С. Тривалість безморозного періоду коливається від 180 до 200 днів, вегетаційного – 225–230 днів. У середньому за рік випадає 441 мм атмосферних опадів. Гідротермічний коефіцієнт становить 0,5. Розподіл опадів протягом вегетаційного періоду нерівномірний, а коефіцієнт їх використання дуже низький. Тому дефіцит опадів, який спостерігається впродовж під час вегетації сільськогосподарських культур, компенсується проведенням вегетаційних поливів.

Рельєф дослідної ділянки рівнинний. Ґрунтові води залягають глибше 10 м. Ґрунт темно-каштановий слабо-солонцюватий середньо-суглинковий. В орному шарі глибиною 0–22 см міститься 2,82% гумусу, валових форм азоту, фосфору та калію 0,18; 0,16; 2,7% відповідно, рН водної витяжки 7,0–7,2. Найменша вологомисткість шару ґрунту 0–100 см – 21,3%, вологість в'янення – 9,5%, вміст водостійких агрегатів – 34,1%, рівноважна щільність складення – 1,29 г/см<sup>3</sup>, пористість – 49,2%, водопроникність – 1,25 мм/хв. Взагалі на темно-каштанових ґрунтах в роки з достатньою кількістю опадів, або при зрошенні можна отримати високі врожаї сільськогосподарських культур.

Дослідження проводились у двофакторних польових дослідах чотирипольної сівозміни, розташованої в просторі і в часі, з таким чергуванням культур: ячмінь озимий з післяжнивним посівом гірчиці ярої на сидерат – соя – пшениця озима з післяжнивним посівом гірчиці ярої на сидерат – кукурудза на зерно.

У стаціонарному досліді досліджували чотири системи основного обробітку ґрунту. За контроль прийнято систему диференційованого основного обробітку ґрунту, де впродовж ротації сівозміни чергуються глибокі з обертанням скиби та мілкі без обертання скиби способи. У другому варіанті застосовувалася мілка одноглибинна безполицева система основного обробітку ґрунту. У третьому варіанті – різноглибинний чизельний обробіток з глибиною розпушування від 23–25 до 28–30 см. У четвертому варіанті досліджувалась можливість переходу на нульовий обробіток.

Дослідження проводили на трьох фонах мінерального живлення: застосування на добриво сидеральної культури, що висівалася після збирання озимих зернових культур сівозміни і внесення під ярі культури на один гектар сівозмінної площі трьох доз азотного добрива та 40 кг діючої речовини фосфорного. За контроль прийнято варіант без сидерату із застосуванням рекомендованих доз мінеральних добрив під культури сівозміни. Загальна площа стаціонарного досліді становила 12,9 га.

Площа сівозмінної ланки з ячменем озимим складала 3,0 га, площа посівних ділянок – 860 м<sup>2</sup>, облікових – 50 м<sup>2</sup>. Для сівби використовували ячмінь озимий сорту Достойний, оригіномом якого є Селекційно-генетичний інститут НЦНС НААН.

Дослід з ячменем озимим включав наступні фактори і варіанти.

Фактор А – спосіб основного обробітку ґрунту: дискове розпушування на глибину 12–14 см в системі диференційованого обробітку ґрунту в сівозміні; дискове розпушування на глибину 12–14 см в системі одноглибинного мілкого безполицевого обробітку ґрунту в сівозміні; чизельне розпушування на глибину 23–25 см в системі різноглибинного безполицевого обробітку ґрунту в сівозміні; нульовий обробіток за беззмінного тривалого (більше 10 років) його застосування в сівозміні.

Фактор В – варіанти удобрення: внесення мінеральних добрив N<sub>120</sub>P<sub>40</sub> під ячмінь озимий по усіх варіантах досліді на фоні післядії сидеральних добрив та різних доз мінеральних добрив, внесених під попередник (кукурудзу, яку вирощували на зерно).

У цілому агротехніка в досліді застосовувалась загальноновизнана для зрошуваних умов півдня України, за винятком факторів, що були поставлені на вивчення. Добрива під ячмінь озимий вносили у два строки: восени під основний обробіток ґрунту дозою N<sub>60</sub>P<sub>40</sub> та навесні по мерзлоталому ґрунту (згідно схеми досліді). Поливи здійснювали дощувальним агрегатом «Zimmatik» водами Каховської зрошувальної системи. Оброблення посівів ячменю озимого від хвороб, шкідників і бур'янів хімічними препаратами, дозволеними до використання, проводилось за допомогою самохідного оприскувача.

На сидерат висівали гірчицю яру сорту Мрія, який в реєстрі сортів рослин України з 2000 року. Оригіна́тор сорту – Інститут олійних культур НААН. Культура має короткий вегетаційний період, а отже, може бути використана в проміжних посівах зерно-просапної сівозміни. Сівбу гірчиці проводили в третій декаді липня сівалкою Great Plains, яка використовується для сівби в попередньо необроблений ґрунт. Після збирання врожаю зерна озимих культур проводили фоновий мілкий безполіцевий обробіток дисковою бороною БДВП–4,2 (крім варіанту, де досліджується система нульового обробітку). При використанні гірчиці на сидерат норму висіву збільшували до 25–30 кг/га і за недостатньої вологості ґрунту проводили сходовикликаючий полив. У період повних сходів гірчиці посіви обробляли інсектицидом з метою знищення хрестоцвітних блішок. Скошували сидерат на початку фази цвітіння та сиру сидеральну масу заробляли в ґрунт агрегатами згідно схем дослідів. У варіантах, де досліджували ефективність нульового обробітку, сидерат залишали на поверхні ґрунту в якості мульчі.

Під час проведення досліджень використовували польовий, кількісно-ваговий, візуальний, лабораторний, розрахунково-порівняльний, математично-статистичний методи з використанням загально визначених в Україні методик проведення досліджень та методичних рекомендацій. Всі аналізи рослинних зразків, насіння та ґрунту проводили в сертифікованій лабораторії Асканійської ДСДС ІЗЗ НААН з використанням Державних стандартів.

**Результати дослідження.** Ячмінь озимий є не тільки хорошим попередником для вирощування в про-

міжних посівах сидеральних культур, але й ефективно використовує післядію застосування сидерату для формування своєї урожайності. Про це свідчать результати проведених впродовж 2019–2020 років досліджень.

Рівень врожаю ячменю озимого визначається основними показниками його структури: кількістю продуктивного стеблостою, виповненістю зерна, масою зерна з колосу. Кожен із цих показників може значно змінюватися залежно від агротехнічних умов вирощування, що призводить до збільшення чи зменшення урожайності культури. Ячмінь озимий на варіантах без сидерату формував 388–479 шт./м<sup>2</sup> продуктивних стебел, 30–37 шт. зернин в колосі з масою зерна 1,22–1,50 г. (табл. 1).

На варіантах, де досліджували післядію сидеральної культури, кількість продуктивних стебел була більшою на 53–152 шт./м<sup>2</sup>, зернин в колосі – на 1,2–9,7 шт. В умовах 2020 року найбільше продуктивних стебел (601 шт./м<sup>2</sup>) ячмінь озимий формував за чизельного обробітку ґрунту та системи удобрення з використанням сидерату на фоні внесення під попередник (кукурудзу) дози мінеральних добрив  $N_{180}P_{40}$ . За таких умов ячмінь озимий формував і найбільшу урожайність в умовах 2020 року – 7,25 т/га (табл. 2).

Результатами досліджень встановлено, що в середньому за роки досліджень на контролі, за диференційованої системи основного обробітку ґрунту в сівозміні урожайність ячменю озимого, залежно від дози добрив, внесеної під попередник, становила 5,04–6,70 т/га. За мілкої одноглібинної та різноглібинної безполіцевої систем основного обробітку ячмінь формував дещо більшу урожайність – на 0,05–0,33 т/га та 0,08–0,53 т/га

Таблиця 1

**Висота рослин та елементи структури урожаю ячменю озимого за різних способів основного обробітку ґрунту та удобрення**

| Система основного обробітку ґрунту | Спосіб і глибина обробітку ґрунту (А) | Система удобрення (В)* | Висота рослин, см | Продуктивних стебел шт./м <sup>2</sup> | Зерен в колосі, шт. | Маса зерна з колоса, г | M <sub>1000</sub> зерен г |
|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|-------------------|----------------------------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|
| Диференційована                    | 12-14 (д)                             | 1                      | 94                | 460                                    | 37,3                | 1,40                   | 37,9                      |
|                                    |                                       | 2                      | 100               | 515                                    | 37,9                | 1,44                   | 38,5                      |
|                                    |                                       | 3                      | 101,6             | 536                                    | 42,4                | 1,54                   | 36,4                      |
|                                    |                                       | 4                      | 88,6              | 479                                    | 33,7                | 1,41                   | 41,9                      |
| Безполіцева мілка                  | 12-14 (д)                             | 1                      | 92,2              | 432                                    | 41,9                | 1,63                   | 39,0                      |
|                                    |                                       | 2                      | 95                | 467                                    | 38,2                | 1,55                   | 40,4                      |
|                                    |                                       | 3                      | 102,4             | 540                                    | 38,2                | 1,49                   | 39,1                      |
|                                    |                                       | 4                      | 76,9              | 388                                    | 37,0                | 1,50                   | 40,7                      |
| Безполіцева різноглібинна          | 23-25 (ч)                             | 1                      | 90,2              | 487                                    | 39,6                | 1,54                   | 39,0                      |
|                                    |                                       | 2                      | 94,5              | 448                                    | 42,3                | 1,67                   | 39,7                      |
|                                    |                                       | 3                      | 101,4             | 601                                    | 37,8                | 1,42                   | 38,6                      |
|                                    |                                       | 4                      | 79,3              | 452                                    | 35,4                | 1,50                   | 42,3                      |
| No-till                            | No-till                               | 1                      | 86,1              | 452                                    | 34,3                | 1,34                   | 39,3                      |
|                                    |                                       | 2                      | 83,3              | 468                                    | 31,2                | 1,32                   | 42,3                      |
|                                    |                                       | 3                      | 92,8              | 515                                    | 35,1                | 1,42                   | 40,7                      |
|                                    |                                       | 4                      | 72,7              | 461                                    | 30,0                | 1,22                   | 40,7                      |

Примітка. \* -  $N_{120}P_{40}$  на фоні післядії добрив, внесених під попередник: 1 – сидерат +  $N_{120}P_{40}$ ; 2 – сидерат +  $N_{150}P_{40}$ ; 3 – сидерат +  $N_{180}P_{40}$ ; 4 –  $N_{180}P_{40}$ ; (д) – дисковий обробіток ґрунту; (ч) – чизельний обробіток ґрунту; No-till – нульовий обробіток.

Таблиця 2

## Урожайність ячменю озимого за різних способів основного обробітку ґрунту та удобрення

| Система основного обробітку ґрунту | Спосіб і глибина обробітку ґрунту (А) | Система удобрення (В)* | Урожайність, т/га |             |               | +,- до контролю |       |
|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|-------------------|-------------|---------------|-----------------|-------|
|                                    |                                       |                        | 2019 р.           | 2020 р.     | 2019-2020 рр. | (А)             | (В)   |
| Диференційована                    | 12-14 (д)                             | 1                      | 5,77              | 4,30        | 5,04          |                 | -0,82 |
|                                    |                                       | 2                      | 5,68              | 5,55        | 5,62          |                 | -0,23 |
|                                    |                                       | 3                      | 6,18              | <b>7,21</b> | 6,70          |                 | 0,85  |
|                                    |                                       | 4                      | 5,05              | 6,65        | 5,85          |                 |       |
| Безполицева мілка                  | 12-14 (д)                             | 1                      | 5,94              | 4,78        | 5,36          | 0,33            | -0,54 |
|                                    |                                       | 2                      | 6,01              | 5,44        | 5,73          | 0,11            | -0,18 |
|                                    |                                       | 3                      | <b>6,84</b>       | 7,07        | <b>6,96</b>   | 0,26            | 1,06  |
|                                    |                                       | 4                      | 5,42              | 6,38        | 5,90          | 0,05            |       |
| Безполицева різноглибинна          | 23-25 (ч)                             | 1                      | 5,85              | 5,28        | 5,57          | 0,53            | -0,17 |
|                                    |                                       | 2                      | 5,97              | 5,82        | 5,90          | 0,28            | 0,16  |
|                                    |                                       | 3                      | 6,31              | <b>7,25</b> | 6,78          | 0,08            | 1,05  |
|                                    |                                       | 4                      | 4,93              | 6,54        | 5,74          | -0,12           |       |
| No-till                            | No-till                               | 1                      | 5,18              | 4,20        | 4,69          | -0,35           | -0,63 |
|                                    |                                       | 2                      | 5,23              | 5,46        | 5,35          | -0,27           | 0,03  |
|                                    |                                       | 3                      | 5,84              | 6,81        | 6,33          | -0,37           | 1,01  |
|                                    |                                       | 4                      | 4,68              | 5,96        | 5,32          | -0,53           |       |
| НІР <sub>05</sub>                  | (А)                                   |                        | <b>0,35</b>       | <b>0,48</b> | <b>0,36</b>   |                 |       |
|                                    | (В)                                   |                        | <b>0,40</b>       | <b>0,6</b>  | <b>0,38</b>   |                 |       |

Примітка. \*-  $N_{120}P_{40}$  на фоні післядії добрив, внесених під попередник: 1 – сидерат +  $N_{120}P_{40}$ ; 2 – сидерат +  $N_{150}P_{40}$ ; 3 – сидерат +  $N_{180}P_{40}$ ; 4 –  $N_{180}P_{40}$ ; (д) – дисковий обробіток ґрунту; (ч) – чизельний обробіток ґрунту; No-till – нульовий обробіток.

відповідно. За сівби в необроблений ґрунт урожайність культури була найнижчою, значення якої залежно від дози добрив, внесеної під попередник, знаходилося в межах 4,69 – 6,33 т/га і було меншим, ніж на контролі на 0,27–0,53 т/га при НІР<sub>05</sub> 0,36 т/га.

Системи удобрення мали більший вплив на формування врожаю ячменю озимого, ніж способи основного обробітку ґрунту. Причому ячмінь озимий для формування своєї урожайності ефективно використовував післядію як мінеральних добрив, внесених під попередник, так і застосованого в якості добрив післязнівного сидерату. Збільшення дози азотних добрив, внесених під кукурудзу, з 120 до 180 кг/га д. р. на фоні використання післязнівного сидерату сприяло підвищенню урожайності ячменю озимого на усіх варіантах основного обробітку ґрунту. За таких умов середній приріст урожайності сорту Достойний у роки досліджень за диференційованої системи з дисковим обробітком ґрунту на глибину 12–14 см під ячмінь озимий становив 1,66 т/га, за мілкою одноглибинної системи – 1,60 т/га, за різноглибинної системи з чизельним розпушуванням на глибину 23–25 см під ячмінь – 1,21 т/га і за системи нульового обробітку – 1,64 т/га. Разом із тим позитивний вплив на формування врожаю досліджуваної культури здійснювали сидеральні добрива. На варіантах з сидератом зафіксовано збільшення урожайності ячменю озимого на 0,85 т/га за диференційованої системи, на 1,06 т/га – за мілкою одноглибинної, на 1,05 т/га за різноглибинної безполицевої та на 1,01 т/га за нульової системи основного обробітку ґрунту при НІР<sub>05</sub> 0,38 т/га.

Найбільшу урожайність ячменю озимого на рівні 6,96 т/га було отримано за дискового обробітку ґрунту на глибину 12–14 см в системі довготривалого його застосування в сівоzmіні й системи удобрення з використанням в проміжних посівах сидеральної культури на фоні  $N_{180}P_{40}$  під попередник (кукурудзу).

Вирощування ячменю озимого було прибутковим на усіх варіантах дослідів, і величина умовно чистого прибутку знаходилася в межах 18579–34485 грн/га. Найменший прибуток було отримано на варіанті нульового обробітку ґрунту з дозою мінеральних добрив під попередник  $N_{120}P_{40}$ +сидерат. Збільшення доз мінеральних добрив, внесених під попередник (кукурудзу), сприяло підвищенню урожайності зерна ячменю озимого, а отже, і збільшенню величини умовно-чистого прибутку. Найбільший прибуток було отримано на варіанті з дисковим обробітком ґрунту на глибину 12–14 см з дозою мінеральних добрив під попередник  $N_{180}P_{40}$ +сидерат. За таких умов за рахунок отримання вищого врожаю отримано найвищий рівень рентабельності – 242,8% при найнижчій собівартості продукції – 2042 грн/т.

**Висновки.** Найвищу урожайність ячменю озимого на рівні 6,96 т/га з найнижчою собівартістю та найбільший прибуток 34485 грн/га при рівні рентабельності 242,8% було отримано за дискового (12–14 см) обробітку ґрунту в системі тривалого його застосування протягом 4-х ротаций сівоzmіні та системи удобрення з внесенням, у розрахунок на один гектар сівоzmінної площі дози мінеральних добрив  $N_{120}P_{40}$  та використанням на сидерат гірчиці ярої і побічної продукції культури сівоzmіні.

# СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Адаптивні системи землеробства / В.П. Гудзь, І.А. Шувар, А.В. Юник та ін. Київ : Центр учбової літератури, 2014. С. 152–160.
2. Нова стратегія виробництва зернових та олійних культур в Україні / Петриченко В.Ф., Безуглий М.Д., Жук В.М., Іващенко О.О. Київ : Аграр. наука, 2012. 48 с.
3. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України / редкол. М.В. Зубець та ін. Київ : Аграрна наука, 2004. 844 с.
4. Земельні ресурси України / за ред. В.В. Медведєва, Т.М. Лактіонової. Київ : Аграрна наука, 1998. 150 с.
5. Islam R., Reeder R. No-till and conservation agriculture in the United States: An example from the David Brandt farm, Carroll, Ohio. *ScienceDirect*. 2014. P. 31–35.
6. Ресурсозберігаючі технології механічного обробітку ґрунту в сучасному землеробстві України / І.Д. Прима, В.О. Єщенко, Ю. П. Манько та ін. Київ : «КВІЦ», 2007. 272 с.
7. Косолап М.П., Кротінов О.П. Система землеробства No-Till. Київ, 2011. 372 с.
8. Сайко В.Ф., Малієнко А.М. Мінімальний та нульовий обробітку ґрунту, стан і перспективи їх запровадження в Україні. *Посібник українського хлібороба. Науково-виробничий щорічник*. Київ : Урожай, 2009. С. 178–188.
9. Сайко В.Ф., Малієнко А.М. Системи обробітку ґрунту в Україні. Київ : ВД «ЕКМО», 2007. 44 с.
10. Малярчук М. П. Історичний шлях формування систем обробітку ґрунту в сівозмінних на меліорованих землях. *Зрошуване землеробство*. 2014. Вип. 62. С. 19–22.
11. Польовий В.М. Оптимізація систем удобрення в сучасному землеробстві : монографія. Рівне : Волинські береги, 2007. 320 с.
12. Петриченко В.Ф., Панасюк Я.Я. Сучасні системи землеробства України: навчальний посібник. Вінниця : ФОП Данилюк В.Г., 2009. 256 с.
13. Марков І. Біоекологічні особливості ячменю посівного. *Агробізнес сьогодні*: 2017. веб-сайт. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/8902-bioekologichni-osoblyvosti-iachmeniu-posivnoho.html>.

# REFERENCES:

1. Hudz, V. P., Shuvar, I. A., Yunyk, A. V., Rykhliivskiy, I. P., & Mishchenko, Yu. H. (2014). *Adaptyvni systemy zemlerobstva [Adaptive farming systems]*. Kyiv: Tsentru uchbovoi literatury [in Ukrainian].
2. Petrychenko, V. F., Bezuhlyi, M. D., Zhuk, V. M., & Ivashchenko, O. O. (2012). *Nova stratehiia vyrobnytstva zernovykh ta oliinykh kultur v Ukraini [A new strategy for the production of grain and oilseeds in Ukraine]*. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
3. Zubets, M. V. (Ed.). (2004). *Naukovi osnovy ahropromyslovoho vyrobnytstva v zoni Stepu Ukrainy [Scientific bases of agro-industrial production in the steppe zone of Ukraine]*. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
4. Medvediev, V. V., & Laktionova, T. M. (Eds). (1998). *Zemelni resursy Ukrainy [Land resources of Ukraine]*. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
5. Islam, R., & Reeder, R. (2014). No-till and conservation agriculture in the United States: An example from

- the David Brandt farm, Carroll, Ohio. *ScienceDirect*. [in English].
6. Prymak, I. D., Yeshchenko, V. O., Manko, Yu. P., Trehub, M. I., & Pryma, K. O. I. (2007). *Resursozberihaiuchi tekhnologii mekhanichnoho obrobittu gruntu v suchasnomu zemlerobstvi Ukrainy [Resource-saving technologies of mechanical tillage in modern agriculture of Ukraine]*. Kyiv: «KVITs» [in Ukrainian].
7. Kosolap, M. P., & Krotinov, O. P. (2011). *Systema zemlerobstva No-till [No-till farming system]*. Kyiv: Lohos [in Ukrainian].
8. Saiko, V. F., & Maliienko, A. M. (2009). Minimalnyi ta nulovyi obrobittu gruntu, stan i perspektivy yikh zaprovadzhennia v Ukraini [Minimum and zero tillage, condition and prospects of their introduction in Ukraine]. *Posibnyk ukrainskoho khliboroba. Naukovo-vyrobnychi shchorichnyk*, 178–188 [in Ukrainian].
9. Saiko, V. F., & Maliienko, A. M. (2007). *Systemy obrobittu gruntu v Ukraini [Tillage systems in Ukraine]*. Kyiv: VD «EKMO», 44 [in Ukrainian].
14. Maliarchuk, M. P. (2014). Istorychnyi shliakh formuvannia system obrobittu gruntu v sivozminakh na meliorovanykh zemliakh [Historical way of formation of tillage systems in crop rotations on reclaimed lands]. *Zroshuvane zemlerobstvo*, 62, 19–22 [in Ukrainian].
15. Polovyi, V. M. (2007). *Optymizatsiia system udobrennia v suchasnomu zemlerobstvi: monohrafiia [Optimization of fertilizer systems in modern agriculture]*. Rivne: Volynski oberehy [in Ukrainian].
16. Petrychenko, V. F., & Panasiuk, Ya. Ya. (2009). *Suchasni systemy zemlerobstva Ukrainy: Navchalnyi posibnyk [Modern farming systems of Ukraine]*. Vinnytsia: FOP Danyliuk V. H. [in Ukrainian].
17. Markov, I. (2017). Bioekologichni osoblyvosti yachmeniu posivnoho [Biological features of sowing barley]. *Ahrobiznes sohodni – Agro business today*. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/8902-bioekologichni-osoblyvosti-iachmeniu-posivnoho.html>.

**Малярчук М.П., Резніченко Н.Д., Гальченко Н.М., Казновський О.В. Вплив способів основного обробітку ґрунту та сидеральних добрив на урожайність ячменю озимого в сівозміні на зрошенні**

Наведено результати експериментальних досліджень формування елементів продуктивності та урожайності ячменю озимого в короткоротаційній сівозміні на зрошенні за різних способів та глибини основного обробітку ґрунту й удобрення з використанням післяжнивних решток попередника та сидерату. **Мета.** Дослідити вплив способів основного обробітку ґрунту, сіви в необроблений ґрунт та удобрення з використанням в проміжних посівах короткоротаційної сівозміни післяжнивних сидерату на формування врожаю ячменю озимого при зрошенні. **Методи.** Під час проведення досліджень використовували польовий, кількісно-ваговий, візуальний, лабораторний, розрахунково-порівняльний, математично-статистичний методи з використанням загальноновизнаних в Україні методик проведення досліджень та методичних рекомендацій. **Результати.** Встановлено, що на урожайність ячменю озимого найбільший вплив здійснювали системи удобрення, ніж способи основного обробітку ґрунту. У межах однакових систем удобрення різниця в рівнях урожайності ячменю озимого

мого на варіантах різних способів основного обробітку була несуттєвою, за виключенням сівби в необроблений ґрунт, де спостерігалось зниження урожайності ячменю відносно контролю (диференційованої системи основного обробітку ґрунту) на 0,27–0,53 т/га ( $N_{180}P_{40}$  = 0,36 т/га). Найбільший прибуток було отримано на варіанті з дисковим обробітком ґрунту на глибину 12–14 см з дозою мінеральних добрив під попередник  $N_{180}P_{40}$  + сидерат. **Висновки.** Найбільшу урожайність ячменю озимого на рівні 6,96 т/га з найнижчою собівартістю та найбільший прибуток 34485 грн/га при рівні рентабельності 242,8% було отримано за дискового (12–14 см) обробітку ґрунту в системі довготривалого його застосування та системи удобрення  $N_{120}P_{40}$  з використанням післяжнивної сидерату на фоні внесення добрив  $N_{180}P_{40}$  під попередник (кукурудзу).

**Ключові слова:** доза добрив, обробіток ґрунту, пряма сівба, сидерати, ячмінь озимий.

**Maliarchuk M.P., Reznichenko N.D., Galchenko N.M., Kaznovskiy O.V.** Impact of methods of basic tillage and sideral fertilizers on winter barley yield in cultivation under irrigation

The article presents the results of experimental studies regarding the formation of elements of productivity and yield of winter barley in short-term crop rotation under irrigation with different methods and depths of the main tillage and fertilization using postharvest residues of the predecessor and green manure. **Goal.** Investigate the impact of basic tillage methods, sowing in uncultivated soil, and fertilization with the use of postharvest green manure in intermediate crops of short-term crop rotation

on the formation of elements of productivity and yield of winter barley under irrigation. **Methods.** Field, quantitative-weight, visual, laboratory, calculation-comparative, mathematical-statistical methods with the use of research methods and methodological recommendations generally accepted in Ukraine were used during the research. **Results.** It was found that fertilizer systems had a greater influence on the formation of winter barley harvest than the methods of basic tillage. Within the same fertilizer systems, the difference in the levels of winter barley yield on the variants of different methods of basic tillage was insignificant, except for sowing in uncultivated soil, where there was a decrease in barley yield relative to control (differentiated system of basic tillage) by 0.27–0.53 tons/ha ( $N_{180}P_{40}$  = 0.36 t/ha). The highest yield of winter barley at the level of 6.96 t/ha with the lowest cost and the highest profit of 34485 UAH/ha along with a level of profitability of 242.8% was obtained by disk (12–14 cm) tillage in the system of its long-term use and  $N_{120}P_{40}$  fertilizer system using post-harvest green manure on the background of  $N_{180}P_{40}$  fertilizer application under the predecessor (corn). **Conclusions.** The highest yield of winter barley at the level of 6.96 t/ha with the lowest cost and the highest profit of 34485 UAH/ha with a level of profitability of 242.8% was obtained by disk (12–14 cm) tillage in the system of long-term use and fertilizer system  $N_{120}P_{40}$  using post-harvest green manure on the background of  $N_{180}P_{40}$  fertilizer application under the predecessor (corn).

**Key words:** fertilizer dose, tillage, direct sowing, green manure, winter barley.

## ЦИКЛІЧНІСТЬ СПРИЯТЛИВИХ І НЕСПРИЯТЛИВИХ РОКІВ ДЛЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В УКРАЇНІ

**НЕТІС І.Т.** – доктор сільськогосподарських наук

*orcid.org/0000-0002-7075-2107*

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук

**ОНУФРАН Л.І.** – кандидат сільськогосподарських наук

*orcid.org/0000-0001-6247-4920*

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук

**Постановка проблеми.** У сільському господарстві України однією з важливих проблем сьогодення є вирощування обсягів виробництва зерна пшениці озимої – цінної продовольчої культури, яка має великий попит на внутрішньому і світовому ринках. Аналіз валового збору її зерна за 1960–2021 роки показав, що виробництво пшениці в Україні поступово збільшувалось і найвищого рівня досягло в 2021 році. Нахил лінії тренду свідчить, що за вказаний період збір зерна пшениці збільшився у середньому майже на 7 млн тонн. Це зумовлено удосконаленням технології її вирощування, використанням нових сортів та високопродуктивної техніки, яка забезпечує оптимальні строки та якість проведення робіт.

Проте валовий збір зерна пшениці значно коливається за роками – від 3–15 до 27–32,8 млн тонн за середнього збору 19 млн тонн. Коефіцієнт варіації збору пшениці за останні 30 років становить майже 30%, а в південних, більш посушливих областях сягає 40%.

Однією з основних причин великих коливань збору зерна пшениці є посухи, які призводять до суттєвого зниження врожаю, що завдає державі значних збитків. Зазначається, що через кожні 2–3 роки південь України потерпає від посух і суховіїв [1]. Але передбачити несприятливі роки, щоб запобігти їх негативному впливу на посіви, практично неможливо. Поки що ніхто не може сказати, якими будуть наступні роки – сприятливими чи несприятливими. В умовах невизначеності досить складно правильно корегувати технологічні процеси вирощування культур та стабілізувати виробництво зерна.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вчені давно вивчають цю проблему. Встановлено, що головним чинником впливу на рослинний і тваринний світ, виникнення посух та неврожаїв є сонячна активність. При цьому доведено, що всі процеси, передусім кліматичні, відбуваються циклічно відповідно до змін сонячної активності (число Вольфа). Посухи та неврожаї припадають на періоди мінімумів сонячної активності [2; 3; 4].

Низка вчених вважають, що чергування врожайних і неврожайних років відбувається закономірно – рокам з максимумом сонячної активності відповідають роки з позитивним відхиленням врожайності від тренду, а рокам з мінімумом сонячної активності відповідають роки з від'ємним відхиленням від тренду [5].

Натепер вважається, що існує 11-річна, 22-річна, 30–40-річна, 80–90-річна циклічність сонячної актив-

ності [6]. Деякі вчені виділяють також цикли тривалістю 3–4 роки. Зазначається, що часові інтервали циклів, в яких прохолодно-вологі умови змінюються на тепло-сухі, є 3–4, 7–11, 35–45, 70–90 [7]. В Україні проведений аналогічний аналіз за 180 років (1821–2003), внаслідок якого встановлено, що за цей період на нашій території було 33 посухи, які повторювалися через 2–3, 4–5, 9–10, 11–13 років [6].

У народі неврожайними вважаються високосні роки. Селяни завжди очікують високосний рік із занепокоєнням. Але в науковій літературі відповіді на це запитання ми не знайшли. Тому вивчали його в 2004 році на прикладі Херсонської області. Було встановлено, що високосні роки є переважно неврожайними, а сприятливі погодні умови для пшениці озимої складаються в перший рік після високосної активності, які співпадають з 4-річними циклами високосних років та відповідними погодними умовами для пшениці в ці роки.

Проте невідомо, чи поширюється вказана закономірність на всю Україну, особливо за умов значних змін клімату останніми роками [9]. З урахуванням цього і того, що важливо дати виробництву надійний інструмент прогнозування сприятливих і несприятливих років, для правильного планування виробничих стратегій, вивчення цього питання є досить актуальним.

**Мета** – дослідити вплив 4-річних циклів високосних років на продуктивність і валовий збір пшениці озимої в Україні в контексті можливості прогнозування сприятливих і несприятливих років.

**Матеріали і методи досліджень.** Використовували польовий, статистичний, аналітичний, розрахунково-порівняльний та метод теоретичного узагальнення.

Щоб з'ясувати це питання, було визначено середні врожаї і валовий збір зерна пшениці озимої в Херсонській області і в Україні у високосні та інші роки за період 1960–2021 років, а також проаналізовано метеорологічні умови в ці роки за даними Херсонської метеорологічної станції. За вказаний період було 16 високосних років: 1960, 1964, 1968, 1972, 1976, 1980, 1984, 1988, 1992, 1996, 2000, 2004, 2008, 2012, 2016, 2020. Для аналізу та порівняння брали середній збір зерна за роки досліджень, а також у високосні роки і в перший рік після високосного.

**Результати досліджень.** Дослідження показали, що у високосні роки обсяги виробництва зерна пше-

ниці помітно знижуються. Так, валовий збір її зерна в Херсонській області у середньому за 1960–2021 роки становив 1,235 млн тонн, у високосні роки – 0,982, у рік після високосного – 1,517 млн. тонн (табл. 1).

Ці дані свідчать про те, що у високосні роки обсяги виробництва зерна пшениці зменшувалися на 0,253 млн тонн, або на 25,8%, порівняно із середнім його збором. Зменшення виробництва зерна викликане переважно тим, що осінь перед високосними роками зазвичай була посушливою, тому восени формувалися слабкі та зріжені посіви, значну частину яких весною господарства пересівали, що й призводило до недобору зерна. Крім цього, врожайність у високосні роки була нижчою на 0,12 т/га порівняно із середньою за роки досліджень.

Встановлено також, що високий збір зерна пшениця озима забезпечує в наступний після високосного рік. У ці роки його виробництво становило у середньому 1,517 млн тонн проти 0,982 млн тонн у високосні роки, що більше на 0,535 млн тонн, або на 54,5%. Це зумовлено більшою площею збирання пшениці та вищим урожаєм зерна на 0,26 т/га. Так, у наступний після високосного рік середня врожайність пшениці становила 2,90 т/га, у високосні – 2,64, а у середньому за роки досліджень – 2,76 т/га. Вищий збір зерна в роки після високосних пояснюється сприятливішими погодними умовами в осінній період вегетації, внаслідок чого рослини добре кустились, а весною посіви менше пересівались і забезпечували вищий, ніж у високосні роки, врожай зерна. Так, аналіз метеорологічних умов показав, що восени, яка передувала високосним рокам, випадає значно менше опадів, ніж у наступний рік. Восени перед високосним роком опадів випадало у середньому

91 мм, а восени високосного року (під урожай наступного року) – 140 мм (табл. 2).

Звичайно, це створює різні умови для одержання сходів і розвитку рослин восени. Крім цього, у високосні роки менше опадів випадало також у весняно-літній період і за весь період вегетації. Так, у середньому за роки досліджень за осінь, зиму і весняно-літній період вегетації пшениці озимої випадало 354 мм опадів, а у високосні роки – 314 мм, що на 40 мм менше.

Слід також відзначити, що у високосні роки у весняно-літній період вегетації середньодобова температура повітря була вищою, ніж середня за роки досліджень, і становила відповідно 16,2 та 15,7 °С, що також негативно впливало на її продуктивність у високосні роки. Неприятливим було й те, що у високосні роки вегетація пшениці відновлювалась переважно у пізні і середні строки.

Напроти, у наступний рік після високосного погодні умови забезпечення вологою були значно сприятливішими, ніж у середньому за роки досліджень. Так, за вегетацію пшениці в роки досліджень опадів випадало у середньому 354 мм, а в рік після високосного – 409 мм, або на 46 мм більше, що досить для формування додатково 0,5–0,6 т/га зерна. Отже, сприятлива за вологозабезпеченістю осінь у поєднанні з більшою кількістю опадів у весняно-літній період вегетації та нижча температура повітря є причиною вищого врожаю і валового збору пшеничного зерна в наступний рік після високосного.

Таким чином, для високосних років характерними є зазвичай несприятливі, а для перших років після високосного сприятливі погодні умови для росту, розвитку і формування врожаю пшениці озимої, які циклічно повторюються через кожні 4 роки.

Таблиця 1

**Площа збирання, урожайність і валовий збір зерна пшениці озимої у високосні та інші роки в Херсонській області**

| Роки                                                                                                              | Площа збирання, тис. га | Урожайність, т/га | Збір зерна, млн. т | Відхилення |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------|--------------------|------------|------|
|                                                                                                                   |                         |                   |                    | млн. т     | %    |
| Середнє за 1960–2021 рр.                                                                                          | 439                     | 2,76              | 1,235              | –          | –    |
| Високосні: 1960, 1964, 1968, 1972, 1976, 1980, 1984, 1988, 1992, 1996, 2000, 2004, 2008, 2012, 2016, 2020         | 372                     | 2,64              | 0,982              | –0,253     | 25,8 |
| Після високосного: 1961, 1965, 1969, 1973, 1977, 1981, 1985, 1989, 1993, 1997, 2001, 2005, 2009, 2013, 2017, 2021 | 513                     | 2,90              | 1,517              | +0,282     | 22,8 |

Таблиця 2

**Кількість опадів у різні періоди вегетації пшениці озимої та середньодобова температура повітря у високосні та інші роки**

| Роки                 | Опади, мм |         |                            |        | Температура повітря, °С за весняно-літню вегетацію |
|----------------------|-----------|---------|----------------------------|--------|----------------------------------------------------|
|                      | за осінь  | за зиму | за весняно-літню вегетацію | всього |                                                    |
| Середнє за 1960–2021 | 104       | 115     | 133                        | 354    | 15,7                                               |
| Високосні            | 91*       | 103     | 120                        | 314    | 16,2                                               |
| Після високосного    | 140**     | 122     | 147                        | 409    | 14,9                                               |

\* – осінь перед високосним роком. \*\* – осінь високосних років.



Аналіз виробництва зерна пшениці в Україні показує, що, як і в Херсонській області, високосні роки є переважно низьковрожайними, а вищий збір зерна пшениця озима забезпечує в перший рік після високосного (рис. 1).

Так, за середнього збору зерна пшениці в Україні 19,0 млн тонн у високосні роки збір її зерна становив у середньому 16,82 млн тонн, а в рік після високосного він сягав 21,61 млн тонн, що на 5,03 млн тонн, або на 30,3%, більше, ніж у високосні роки, і на 2,52 млн тонн, або 13,2%, більше порівняно із середнім за роки досліджень збором її зерна (табл. 3).

Одержані дані свідчать, що в Україні кожні чотири роки спостерігається один сприятливий і один несприятливий рік для пшениці озимої. Несприятливий рік припадає на високосний рік, а сприятливий – на перший рік після високосного. Ця закономірність дає можливість прогнозувати сприятливі та несприятливі для формування врожаю пшениці озимої роки і розробляти господарські й технологічні рішення, що спрямовані на максимальну реалізацію потенціалу продуктивності агроценозів у ці роки. Точність цього способу прогнозування досить висока. Так, із 16 високосних років (16 циклів) неврожайними були 13, що становить 81%.

Така ж вірогідність того, що рік після високосного буде високоврожайним. Так, із 16 циклів високоврожай-

ними були 13, або 81%. Отже, вірогідність прогнозування сприятливих і несприятливих років цим способом становить 81%.

Виявлена закономірність чітко підтвердилась і у високосному 2020 та наступному 2021 роках. Так, у Херсонській області у високосному 2020 році валовий збір зерна пшениці озимої становив 1,272 млн тонн, а в наступному 2021 році – 2,1 млн тонн, що на 0,828 млн/т, або на 65,1%, більше, ніж у високосному році. Така ж закономірність у зборі зерна пшениці в 2020 і 2021 роки проявилась і загалом по Україні. Так, у високосному 2020 році збір пшениці становив 25,1 млн тонн, а в 2021 році він досяг рекордних значень – 32,8 млн тонн, що на 7,7 млн тонн, або на 30,7%, більше, ніж у високосному році. У 2021 році (рік після високосного) врожайність пшениці сягала рекордного рівня – 4,22 т/га. Аналогічна, але менш виражена закономірність простежується і на зборі всіх зернових культур.

Виявлена закономірність, очевидно, є проявом наявної в природі квазі-дворічної циклічності, яка вписується в чотири роки – від високосного до високосного.

#### Висновки.

Виявлена 4-річна циклічність сприятливих і несприятливих років для вирощування пшениці озимої в Україні. У високосні роки обсяги виробництва зерна пшениці

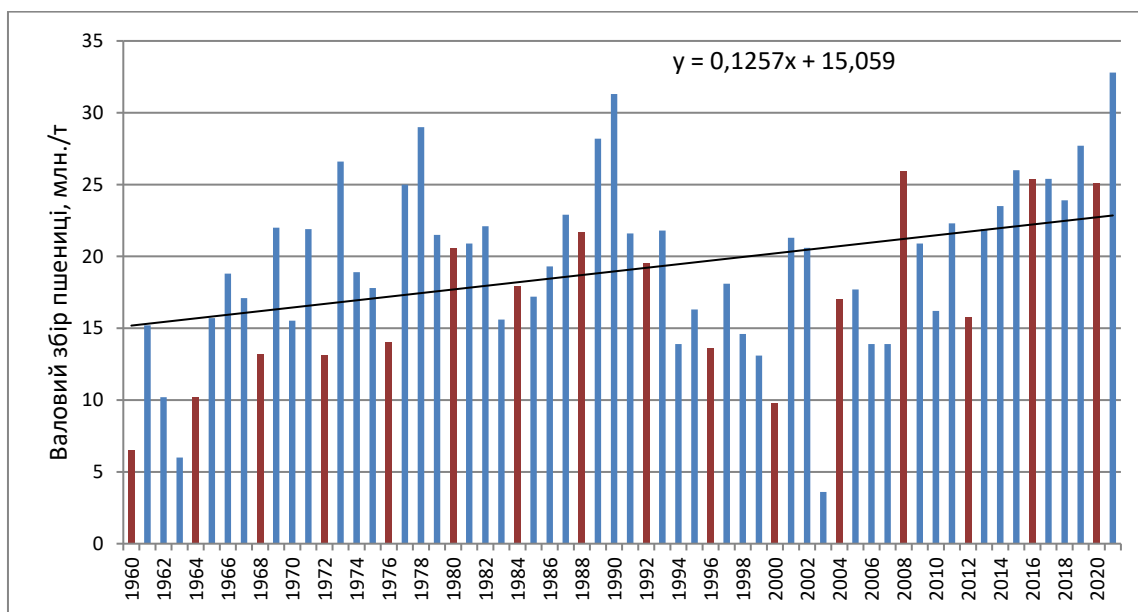


Рис. 1. Валовий збір зерна пшениці в Україні в 1960–2021 роки

Примітка: коричневий колір – високосні роки.

Таблиця 3

Валовий збір зерна пшениці озимої та всіх зернових культур в Україні у високосні та інші роки

| Роки                     | Збір зерна пшениці, млн т | Відхилення |      | Збір всіх зернових, млн т | Відхилення |      |
|--------------------------|---------------------------|------------|------|---------------------------|------------|------|
|                          |                           | млн т      | %    |                           | млн. т     | %    |
| Середнє за 1960–2021 рр. | 19,00                     | –          | –    | 40,879                    | –          | –    |
| Високосні                | 16,82                     | -2,18      | 11,5 | 39,698                    | -1,181     | 3,0  |
| Після високосного        | 21,61                     | +2,52      | 13,2 | 45,181                    | +4,518     | 13,8 |

озимої знижуються порівняно із середнім збором, що зумовлюється посушливою осінню та меншою за норму кількістю опадів у весняно-літній період її вегетації.

Високий збір зерна пшениця озима забезпечує в наступний після високосного рік, що зумовлено сприятливими умовами осені високосного року для розвитку посівів, більшою кількістю опадів за період вегетації та нижчою температурою повітря у весняно-літній період.

Виявлена закономірність дає можливість прогнозувати сприятливі та несприятливі роки для формування врожаю пшениці озимої і розробляти господарські й технологічні рішення, що спрямовані на максимальну реалізацію потенціалу продуктивності агроценозів у ці роки. Вірогідність прогнозування сприятливих та несприятливих для пшениці років за 4-річними циклами високосних років становить 81%.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бучинский И.Е. Климат Украины в прошлом, настоящем и будущем. Киев : Госиздат с.-х. литературы, 1963. 308 с.
2. Будыко М.И. Климат в прошлом и будущем. Ленинград : Гидрометеиздат, 1980. 350 с.
3. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. Москва : Мысль, 1976. 349 с.
4. Вуколов М.П., Мельничук С.И. Цикличность в выпадении осадков на юге Украины. *Орошаемое земледелие*. 1985. Вып. 30. С. 3–6.
5. Пасов Е.М. Перспективное планирование производства зерна в СССР. *Земледелие*. 1990. Вып. 5. С. 62–66.
6. Белецкий Е.Н. Цикличность – фундаментальное свойство развития и функционирования природных систем. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія біологічна*. 2007. Вип. 3 (12). С. 100–116.
7. Кривенко В.Г. Природная циклика нашей планеты. *Вестник РАЕН*. 2010. Т. 10. № 3. С. 25–29.
8. Нетіс І.Т. Характер осені й весни та посіви озимої пшениці : монографія. Херсон : Айлант, 2004. 152 с.
9. Вожегова Р.А., Нетіс І.Т., Онуфран Л.І., Нетіс В.І., Сахачкий Г.І. Зміна клімату та проблема аридизації Південного Степу України. *Аграрні інновації*. Херсон : ВД Гельветика, 2021. Вип. 7. С. 16–20.

#### REFERENCES:

1. Buchinskij I.E. (1963). *Klimat Ukrainy v proshlom, nashtoyashem i budushem [The climate of Ukraine in the past, present and future]*. Kiev: Gosizdat s.-h. literature, 308 [in Russian].
2. Budyko M.I. (1980). *Klimat v proshlom i budushem [Climate in the past and future]*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 350 [in Russian].
3. Chizhevskij A.L. (1976). *Zemnoe eho solnechnykh bur [Earth echo of solar storms]*. Moscow: Mysl, 349 [in Russian].
4. Vukolov M.P., & Melnichuk S.I. (1985). Tsiklichnost v vypadenii osadkov na yuge Ukrainy [Cyclicity in precipitation in the South of Ukraine]. *Oroshaemoe zemledelie – Irrigated agriculture*, 30, 3–6 [in Russian].
5. Pasov E.M. (1990). *Perspektivnoe planirovanie proizvodstva zerna v SSSR [Long-term planning of grain*

production in the USSR Agriculture]. *Zemledelie – Agriculture*, 5, 62–66 [in Russian].

6. Beleckij E.N. (2007). Tsiklichnost – fundamentalnoe svojstvo razvitiya i funkcionirovaniya prirodnykh sistem [Cyclicity is a fundamental property of the development and functioning of natural systems]. *Visnik Harkivskogo nacionalnogo agrarnogo universitetu. Seriya biologichna – Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Biological series*, 3 (12), 100–116 [in Russian].
7. Krivenko V.G. (2010). *Prirodnaia ciklika nashej planety [The natural cycle of our planet]*. *Vestnik RAEN – Bulletin of the Russian Academy of Natural Sciences*, 10, 3, 25–29 [in Russian].
8. Netis I.T. (2004). *Harakter oseni j vesni ta posivi ozimoy pshenici [The nature of the autumn and spring and the sowing of winter wheat]*. Herson: Ajlant, 152 [in Ukrainian].
9. Vozhegova R.A., Netis I.T., Onufra L.I. Netis V.I., & Sahackij G.I. (2021). Zmina klimatu ta problema aridizaciyi Pivdenного Stepu Ukrayini [Changing the climate and the problem of aridization of the South Steppe of Ukraine]. *Agrarni Innovaciyi – Agrarian Innovations*, 7, 16–20 [in Ukrainian].

#### Нетіс І.Т., Онуфран Л.І. Циклічність сприятливих і несприятливих років для пшениці озимої в Україні

**Мета** – дослідити вплив 4-річних циклів високосних років на продуктивність і валовий збір пшениці озимої в Україні в контексті можливості прогнозування неврожайних та врожайних років. **Методи**: польовий, статистичний, аналітичний, розрахунково-порівняльний та теоретичного узагальнення. **Результати**. Дослідження показали, що у високосні роки обсяги виробництва зерна пшениці в Україні помітно знижуються, а вищий збір зерна і врожайність пшениця озима забезпечує в перший рік після високосного. Так, у середньому за 1960–2021 роки збір зерна пшениці в Україні становив 19,0 млн тонн, у високосні роки – 16,82 млн тонн, а в рік після високосного він сягав 21,61 млн тонн, що на 5,03 млн тонн, або на 30,3%, більше, ніж у високосні роки і на 2,52 млн тонн, або на 13,2%, більше порівняно із середнім за роки досліджень збором її зерна. Зменшення виробництва зерна у високосні роки викликане переважно тим, що осінь перед високосними роками зазвичай була посушливою, тому восени формувалися слабкі та зріджені посіви, значну частину яких весною господарства пересівали, що й призводило до недобору зерна. Крім цього, врожайність у високосні роки була нижчою порівняно із середньою за роки досліджень. Вищий збір зерна в роки після високосних пояснюється сприятливішими погодними умовами в осінній період вегетації та більшою кількістю опадів за весь період вегетації, що забезпечувало вищий, ніж у високосні роки збір зерна. Виявлена закономірність дає можливість прогнозувати сприятливі та несприятливі для формування врожаю пшениці озимої роки і розробляти господарські й технологічні рішення, що спрямовані на максимальну реалізацію потенціалу продуктивності агроценозів у ці роки. Вірогідність прогнозування сприятливих і несприятливих років цим способом становить 81%. **Висновки**. Виявлена 4-річна циклічність сприятливих і несприятливих років для вирощування пшениці озимої в Україні. У високосні роки обсяги виробництва зерна пшениці озимої знижуються порівняно із середнім збором, що зумовлюється посушливою осінню та мен-

шою за норму кількістю опадів у весняно-літній період її вегетації. Високий збір зерна пшениця озима забезпечує в наступний після високосного рік, що зумовлено сприятливими умовами осені високосного року для розвитку посівів, більшою кількістю опадів за період вегетації та нижчою температурою повітря у весняно-літній період. Виявлена закономірність дає можливість прогнозувати сприятливі та несприятливі роки для формування врожаю пшениці озимої і розробляти господарські й технологічні рішення, що спрямовані на максимальну реалізацію потенціалу продуктивності агроценозів у ці роки. Вірогідність прогнозування сприятливих та несприятливих для пшениці років за 4-річними циклами високосних років становить 81%.

**Ключові слова:** пшениця озима, збір зерна, цикли, високосні роки, погодні умови, прогнозування.

**Netis I.T., Onufra L.I. Cyclicity of favorable and unfavorable years for winter wheat in Ukraine**

**Purpose** is to study the impact of 4-year cycles of leap years on the productivity and gross harvest of winter wheat in Ukraine, in the context of the possibility of forecasting crop and yield years. **Methods:** field, statistical, analytical, computational and theoretical generalization. **Results.** Studies have shown that in the leap years the production of wheat grain in Ukraine is significantly reduced, and higher grain harvest and yield of winter wheat provides in the first year after the leap year. Thus, on average in 1960–2021, the grain harvest in Ukraine amounted to 19.0 million tons, in the leap years 16.82 million tons, and in the year after the leap year it reached 21.61 million tons, which is 5.03 million tons, or 30.3% more than in leap years and 2.52 million tons or 13.2% more than the average for the years of research harvesting its grain. The decrease in grain production in the

leap years is mainly due to the fact that the autumn before the leap years was usually dry, so in autumn weak and liquefied crops were formed, much of which was replanted in the spring, which led to grain shortages. In addition, the yield in the leap years was lower than the average for the research years. The higher grain harvest in the years after the high season is due to more favorable weather conditions in the autumn growing season and more rainfall during the entire growing season, which provided a higher grain yield than in the high years. The identified pattern makes it possible to predict favorable and unfavorable for the formation of the wheat harvest in winter and to develop economic and technological solutions aimed at maximizing the productivity potential of agroecosystems in these years. The probability of forecasting lean and productive years in this way is 81%. **Conclusions.** A 4-year cycle of favorable and unfavorable years for growing winter wheat in Ukraine has been identified. In leap years, the production of winter wheat grain decreases compared to the average harvest, which is due to the dry autumn and less than normal rainfall in the spring and summer of its growing season. High yield and grain harvest of winter wheat provides in the next year after leap year, due to favorable conditions of autumn leap year for crop development, more rainfall during the growing season and lower air temperatures in spring and summer. The identified pattern makes it possible to predict favorable and unfavorable years for the formation of winter wheat harvest and to develop economic and technological solutions aimed at maximizing the productivity potential of agroecosystems in these years. The probability of predicting favorable and unfavorable years for wheat, according to 4-year cycles of leap years, is 81%.

**Key words:** winter wheat, grain harvest, cycles, leap years, weather conditions, forecasting.

## СУМАРНЕ ВОДОСПОЖИВАННЯ ТА ВИПАРОВУВАННЯ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ В УМОВАХ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

**ПИСАРЕНКО П.В.** – доктор сільськогосподарських наук,  
старший науковий співробітник

[orcid.org/0000-0002-2104-2301](https://orcid.org/0000-0002-2104-2301)

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

**МАЛЯРЧУК М.П.** – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник  
[orcid.org/0000-0002-0150-6121](https://orcid.org/0000-0002-0150-6121)

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

**МАЛЯРЧУК А.С.** – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник  
[orcid.org/0000-0001-5845-269x](https://orcid.org/0000-0001-5845-269x)

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

**ЩЕРБИНА З.В.** – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник  
[orcid.org/0000-0002-4630-8372](https://orcid.org/0000-0002-4630-8372)

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства  
та сортовивчення НААН

**ШЕВЧЕНКО Т.В.** – кандидат сільськогосподарських наук  
[orcid.org/0000-0001-9488-0325](https://orcid.org/0000-0001-9488-0325)

Національна академія аграрних наук України

**Постановка проблеми.** За умов регіональних змін клімату в зрошуваному землеробстві України слід використовувати інтенсивні технології вирощування сільськогосподарських культур, які базуються на використанні інноваційних підходів з оптимізацією різних способів поливу і режимів зрошення, системи удобрення, обробітку ґрунту та захисту рослин [1]. У степовій зоні України зосереджено 1837,5 тис. га, що становить 87,2% зрошуваних земель країни. Тому ефективне та раціональне зрошення є важливим фактором в отриманні високих та сталих врожаїв сільськогосподарських культур [2]. Вивчення процесів водоспоживання у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах дозволяє впливати на ріст і розвиток, виключити негативний вплив нестачі або надлишку вологи на рослини та розробити заходи, що зменшують непродуктивні її втрати [3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Найважливішим елементом у формуванні режиму зрошення сільськогосподарських культур є сумарне водоспоживання, або та кількість води, яка необхідна рослинам протягом вегетаційного періоду для отримання запланованого врожаю в конкретних природних умовах у разі оптимізації всіх технологічних процесів [4]. Сумарне водоспоживання культур є показником потреби рослин за весь період вегетації, а сумарне випаровування – за окремі її відрізки. Вони складаються з витрат води на транспірацію рослин, випаровування з поверхні ґрунту і формування біологічної маси. Різні вимоги рослин до обсягів води, необхідних для оптимального проходження ростових і продукційних процесів, а також формування високого врожаю, є результатом їх еволюційного розвитку і склалися під впливом різних кліматичних умов [5].

Численними дослідженнями встановлено, що найбільш сильними регулюючими факторами показників сумарного водоспоживання є кліматичні умови зони вирощування, погода під час вегетації рослин, біологічні

ознаки сортів і насамперед тривалість вегетаційного періоду, вологозабезпеченість рослин та інші [6; 7].

**Завдання і методика досліджень.** Основним завданням досліджень з рослинами буряку цукрового передбачалося визначення показників середньодобового випаровування за декадами вегетаційного періоду, зважаючи на природну вологозабезпеченість років досліджень для теоретичного обґрунтування та практичного втілення нового розрахункового методу планування та оперативного управління поливами с.-г. культур, який має відповідати біологічним особливостям росту та розвитку рослин з урахуванням екологічного стану зрошуваних ґрунтів. Для виконання поставленої мети ми використали матеріали польових досліджень з культурою, які проводились у відділі зрошуваного землеробства Інституту зрошуваного землеробства НААН починаючи з 1999 по 2019 рр. [8].

Польові досліді, лабораторні та аналітичні дослідження проводились впродовж 1999–2019 рр. згідно з методикою польових досліджень в Інституті зрошуваного землеробства НААН України, який розташований у зоні Інгuleцької зрошувальної системи на правому березі р. Дніпро у Дніпровському районі м. Херсон.

**Результати досліджень.** Нами були систематизовані та згруповані показники середньодобового випаровування буряків цукрових у неоднакові за погодними умовами роки за декадами росту та розвитку рослин протягом вегетаційного періоду з різних шарів ґрунту, що дало можливість дійти висновку про варіювання цього показника в дуже широких межах (табл. 1).

Встановлено, що середньодобове випаровування буряків цукрових з шару ґрунту 0–50 см у вологі та середні роки свого максимуму набуває на 7–8-й декаді вегетаційного періоду та становить у середньому за роки досліджень 53,7 та 57,3 м³/га відповідно. У посушливі роки, згідно з нашими спостереженнями, найбільшим – 58,2 м³/га – цей показник встановлено у проміжок між 70 та 80 добою росту та розвитку культури.

Таблиця 1

Динаміка середньодобового випаровування буряків цукрових по декадах вегетаційного періоду у різні за погодними умовами роки (шар ґрунту 0–50 см), м³/га

| Кількість днів від сходів | Вологозабезпеченість (кількість років) |                   |                | У середньому за 21 рік |
|---------------------------|----------------------------------------|-------------------|----------------|------------------------|
|                           | вологі (5 років)                       | середні (9 років) | сухі (7 років) |                        |
| 0–10                      | 12,0                                   | 12,3              | 10,2           | 11,5                   |
| 10–20                     | 22,3                                   | 24,5              | 20,0           | 22,3                   |
| 20–30                     | 28,7                                   | 34,1              | 31,3           | 31,4                   |
| 30–40                     | 35,3                                   | 42,2              | 40,0           | 39,2                   |
| 40–50                     | 40,9                                   | 48,5              | 47,4           | 45,6                   |
| 50–60                     | 46,0                                   | 52,8              | 51,6           | 50,1                   |
| 60–70                     | 52,3                                   | 55,4              | 55,2           | 54,3                   |
| 70–80                     | 53,7                                   | 57,3              | 57,6           | 56,2                   |
| 80–90                     | 50,4                                   | 54,0              | 58,2           | 54,2                   |
| 90–100                    | 48,3                                   | 48,8              | 55,4           | 50,8                   |
| 100–110                   | 46,2                                   | 42,9              | 52,4           | 47,2                   |
| 110–120                   | 39,3                                   | 34,3              | 46,2           | 39,9                   |
| 120–130                   | 44,7                                   | 31,0              | 36,7           | 37,5                   |
| 130–140                   | 38,1                                   | 21,5              | 24,3           | 28,0                   |
| 140–150                   | 28,4                                   | 13,2              | 17,9           | 19,8                   |

Таблиця 2

Середньодобове випаровування за декадами вегетаційного періоду буряків цукрових залежно від гідротермічних умов років досліджень (шар ґрунту 0–100 см), м³/га

| Кількість днів від сходів | Вологозабезпеченість вегетаційного періоду (кількість років) |                   |                | У середньому за 21 рік |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------|----------------|------------------------|
|                           | вологі (5 років)                                             | середні (9 років) | сухі (7 років) |                        |
| 0–10                      | 13,7                                                         | 8,1               | 11,1           | 11,0                   |
| 10–20                     | 24,5                                                         | 18,4              | 17,8           | 20,2                   |
| 20–30                     | 34,0                                                         | 28,1              | 27,5           | 29,9                   |
| 30–40                     | 41,5                                                         | 35,4              | 35,7           | 37,6                   |
| 40–50                     | 47,9                                                         | 42,6              | 42,6           | 44,4                   |
| 50–60                     | 52,3                                                         | 48,6              | 48,8           | 49,9                   |
| 60–70                     | 54,4                                                         | 51,0              | 52,9           | 52,7                   |
| 70–80                     | 54,4                                                         | 52,4              | 55,1           | 54,0                   |
| 80–90                     | 52,3                                                         | 52,6              | 55,6           | 53,5                   |
| 90–100                    | 48,0                                                         | 51,1              | 54,7           | 51,3                   |
| 100–110                   | 42,6                                                         | 48,4              | 50,6           | 47,2                   |
| 110–120                   | 35,1                                                         | 43,7              | 45,1           | 41,3                   |
| 120–130                   | 35,9                                                         | 40,2              | 37,3           | 37,8                   |
| 130–140                   | 27,9                                                         | 38,1              | 24,8           | 30,2                   |
| 140–150                   | 19,4                                                         | 26,3              | 16,2           | 20,6                   |

Стосовно стрімкості його наростання нами виявлена тенденція щодо більш повільного наростання та зниження у вологі за дефіцитом випаровуваності роки, а у середні та особливо сухі роки середньодобове випаровування рослин збільшується значно скоріше. Аналітична обробка матеріалів щодо середньодобового випаровування буряків цукрових з шару ґрунту 0–100 см виявила схожі з шаром 0–50 см тенденції (табл. 2).

Проте встановлено, що у вологі роки рослини найбільш інтенсивно споживають вологу протягом від 60

до 80 доби вегетаційного періоду. У середні та сухі роки максимальні показники середньодобового випаровування виявлені у період від 8-ї до 9-ї декади. Крім того, найбільш стрімке зростання цього показника виявлено у вологі та посушливі роки, тоді як у середні зростання та зниження випаровування за декадами росту та розвитку відбувалося більш повільно.

Порівняльна оцінка показників середньодобового випаровування з шарів ґрунту 0–50 та 0–100 см дала можливість довести гіпотезу про збільшення випаровування буряку цукрового з шару ґрунту 50–100 см від

Таблиця 3

Розраховане сумарне (Е) і середньодобове (Ē) випаровування буряків цукрових за декадами вегетаційного періоду в різні за погодними умовами роки

| Місяць   | Декада    | Роки за дефіцитом водоспоживання |      |         |      |                          |      |
|----------|-----------|----------------------------------|------|---------|------|--------------------------|------|
|          |           | середньосухі                     |      | середні |      | середньовологі та вологі |      |
|          |           | Е                                | Ē    | Е       | Ē    | Е                        | Ē    |
| Травень  | 1         | 140                              | 14,0 | 156     | 15,6 | 302                      | 30,2 |
|          | 2         | 172                              | 17,2 | 188     | 18,8 | 293                      | 29,3 |
|          | 3         | 208                              | 18,9 | 219     | 20,0 | 345                      | 31,4 |
|          | За місяць | 520                              | 16,8 | 563     | 18,2 | 940                      | 30,3 |
| Червень  | 1         | 257                              | 25,7 | 301     | 30,1 | 369                      | 36,9 |
|          | 2         | 395                              | 39,5 | 335     | 33,5 | 420                      | 42,0 |
|          | 3         | 492                              | 49,2 | 323     | 32,3 | 446                      | 44,6 |
|          | За місяць | 1144                             | 38,1 | 959     | 32,0 | 1235                     | 41,2 |
| Липень   | 1         | 480                              | 48,0 | 400     | 40,0 | 479                      | 47,9 |
|          | 2         | 522                              | 52,2 | 508     | 50,8 | 488                      | 48,8 |
|          | 3         | 578                              | 52,6 | 575     | 52,3 | 556                      | 50,6 |
|          | За місяць | 1580                             | 51,0 | 1483    | 47,8 | 1523                     | 49,1 |
| Серпень  | 1         | 492                              | 49,2 | 495     | 49,5 | 473                      | 47,3 |
|          | 2         | 488                              | 48,8 | 470     | 47,0 | 431                      | 43,1 |
|          | 3         | 468                              | 42,6 | 445     | 40,4 | 441                      | 40,1 |
|          | За місяць | 1448                             | 46,7 | 1410    | 45,5 | 1345                     | 43,4 |
| Вересень | 1         | 260                              | 26,0 | 228     | 22,8 | 312                      | 31,2 |
|          | 2         | 210                              | 21,0 | 188     | 18,8 | 188                      | 18,8 |
|          | 3         | 200                              | 20,0 | 187     | 18,7 | 130                      | 13,0 |
|          | За місяць | 670                              | 22,3 | 603     | 20,1 | 630                      | 21,0 |
| Жовтень  | 1         | 198                              | 19,8 | 206     | 20,6 | 119                      | 11,9 |

вологих років до сухих. Це можна пояснити підсиленням розвитком кореневої системи рослин.

Наявний великий обсяг інформації попередніх років досліджень у відділі зрошувального землеробства Інституту зрошувального землеробства НААН та власні спостереження по витратах води з ґрунту, опадах і поливних нормах у разі оптимальних умов вологозабезпечення рослин дозволили побудувати інтегральні криві сумарного випаровування буряків цукрових з шару ґрунту 0–100 см. Завдяки цьому були визначені показники сумарного і середньодобового випаровування для різних за вологозабезпеченістю років (табл. 3).

Співставлення показників сумарного і середньодобового випаровування цукрових буряків у різні за погодними умовами роки показує, що суттєва різниця у розрахованих показниках спостерігається у травні і першій половині червня, а також наприкінці вегетації. Згідно з розрахунками, на початку вегетації у середньовологі і вологі роки декадні і добові витрати води значно вищі, ніж у середні та середньосухі роки. Це пояснюється тим, що у вологі і середньовологі роки у травні та першій декаді червня випадало у середньому 127 мм атмосферних опадів, за багаторічного показника 51,5 мм, а у середні і середньосухі роки – 50,5 і 45,5 мм відповідно.

Безумовно, певна частина води з опадів у вологі та середньовологі роки переміщувалася за межі зони активного поглинання вологи і не брала участі у забез-

печенні рослин водою, але суттєво збільшила розраховані показники декадних та добових її витрат.

Про це свідчать розраховані показники випаровування для кормових буряків, які визначалися в інші роки і практично не відрізняються по роках забезпеченості у травні та першій декаді червня. До речі, ними можна користуватися у проведенні розрахунків витрат вологи цукровими буряками в роки, які відрізняються великою кількістю опадів на початку вегетації.

#### Висновки.

1. Встановлено, що середньодобове випаровування буряків цукрових з шару ґрунту 0–50 см у вологі та середні роки свого максимуму набуває на 7–8-й декаді вегетаційного періоду та становить у середньому за роки досліджень 53,7 та 57,3 м<sup>3</sup>/га відповідно.

2. У посушливі роки найбільшим – 58,2 м<sup>3</sup>/га – показник середньодобового випаровування встановлено у проміжок між 70 та 80 добою росту та розвитку культури. Стосовно шару ґрунту 0–100 см доведено, що у вологі роки рослини найбільш інтенсивно споживають вологу протягом від 60 до 80 доби вегетаційного періоду.

3. У середні та сухі роки максимальні показники середньодобового випаровування виявлені у період від 8-ї до 9-ї декади. Крім того, найбільш стрімке зростання цього показника виявлено у вологі та посушливі роки, тоді як у середні зростання та зниження випаровування за декадами росту та розвитку відбувалося більш повільно.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Вожегова Р. Зрошення – головний елемент сучасних агротехнологій в умовах Південного Степу України. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 11(800). С. 67–74. URL: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201911-10>.
2. Ушкаренко В.О., Морозов В.В. Теоретичне обґрунтування еколого-агрономічного моніторингу зрошуваних земель. *Перспективні напрями розвитку водного господарства, сільськогосподарських культур на осушуваних торфових ґрунтах Західного Полісся*. *Вісник Львівського НАУ*. 2010. Серія Агрономія. № 14. С. 253–259.
3. Алпатьев А.М. Формирование поливного режима сельскохозяйственных культур на основе оперативного учета суммарного испарения. Киев : Урожай, 1966. 235 с.
4. Алпатьев А.М. Биофизические основы водопотребления орошаемых культур. *Орошаемое земледелие в Европейской части СССР*. Москва : Колос, 1965. С. 54–66.
5. Коковіхін С.В., Пілярський В.Г. Динаміка продукційних процесів рослин буряків цукрових залежно від ступеня інтенсифікації зрошення й удобрення. *Зрошуване землеробство* : збірник наукових праць. Херсон : Айлант, 2009. Вип. 52. С. 11–16.
6. Писаренко П.В. Продуктивність зрошуваних земель. *Зрошуване землеробство* : збірник наукових праць. Херсон : Олді-плюс, 2010. Вип. 54. 396 с.
7. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях / за ред. Р.А. Вожегової. Херсон : Гринь Д.С., 2014. 286 с.

## REFERENCES:

1. Vozhehova R. (2019). Zroshennya – holovnyy element suchasnykh ahrotekhnolohiy v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrayiny [Irrigation – the main element of modern agricultural technologies in the Southern Steppe of Ukraine]. *Visnyk ahraryoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 11(800), 67–74. Retrieved from: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201911-10> [in Ukrainian].
2. Ushkarenko V.O., & Morozov V.V. (2016). Teoretychne obgruntuвання ekoloho-ahromelioryativnoho monitorynu zroshuvanykh zemel [Theoretical substantiation of ecological and agro-meliorative monitoring of irrigated lands]. *Perspektivnyye napravleniya razvitiya vodnogo khozyaystva, stroitelstva i zemleustroystva: Materiali Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Perspective directions for the development of water management, construction and land management: Materials and Intern. scientific-practical. conf.* Kherson: LT-Offis, 28–31 [in Ukrainian].
3. Puhach O.V., & Puhach O.P. (2010). Vodospozhyvannya silskohospodarskykh kultur na osushuvanykh torfovykh gruntakh Zakhidnoho Polissya [Water consumption of crops on drained peat soils of Western Polissya]. *Visnyk Lvivskoho NAU. Seriya Ahronomiya – Bulletin of Lviv NAU. Agronomy Series*, 14, 253–259 [in Ukrainian].
4. Alpatyev A.M. (1966). *Formirovaniye polivnogo rezhima selskokhozyaystvennykh kultur na osnove operativnogo ucheta summarnogo isparennya* [Formation of the irrigation regime of agricultural crops based on the operational accounting of total evaporation]. Kiev: Urozhay, 235 [in Russian].

5. Alpatyev A.M. (1965). *Biofizicheskiye osnovy vodopotrebleniya oroshayemykh kultur. Oroshayemoye zemledeliye v Yevropeyskoy chasti SSSR* [Biophysical bases of water consumption of irrigated crops. Irrigated agriculture in the European part of the USSR]. Moscow: Kolos, 54–66 [in Russian].
6. Kokovikhin S.V., & Piliarskyi V.H. (2009). Dynamika produktsiynykh protsesiv roslin buryakiv tsukrovyykh zalezho vid stupenyu intensyfikatsiyi zroshennya y udobrennya [Dynamics of production processes of sugar beet plants depending on the degree of intensification of irrigation and fertilization]. *Zroshuvane zemlerobstvo: zbirnyk naukovykh prats – Irrigated agriculture: a collection of scientific papers*. Kherson : Aylant, 52, 11–16 [in Ukrainian].
7. Pysarenko P.V. (2010). Produktivnist zroshuvanykh zemel [Productivity of irrigated lands]. *Zroshuvane zemlerobstvo: zbirnyk naukovykh prats – Irrigated agriculture: a collection of scientific papers*, 54, 396 [in Ukrainian].
8. Vozhehova R.A. (Ed.). (2014). *Metodyka polovyykh i laboratornykh doslidzhen na zroshuvanykh zemlyakh* [Methods of field and laboratory research on irrigated lands]. Kherson: Hrin D.S., 286 [in Ukrainian].

**Писаренко П.В., Малярчук М.П., Малярчук А.С., Щербина З.В., Шевченко Т.В. Сумарне водоспоживання та випаровування буряків цукрових в умовах Півдня України**

**Мета** – визначення показників середньодобового випаровування за декадами вегетаційного періоду, зважаючи на природну вологозабезпеченість років досліджень для теоретичного обґрунтування та практичного втілення нового розрахункового методу планування та оперативного управління поливами с.-г. культур. **Методи**: польовий, лабораторний, статистичний. **Результати**. Співставлення показників сумарного і середньодобового випаровування цукрових буряків у різні за погодними умовами роки показує, що суттєва різниця у розрахованих показниках спостерігається у травні і першій половині червня, а також наприкінці вегетації. Згідно з розрахунками, на початку вегетації у середньовологі і вологі роки декадні і добові витрати води значно вищі, ніж у середні та середньосухі роки. Це пояснюється тим, що у вологі і середньовологі роки у травні та першій декаді червня випало у середньому 127 мм атмосферних опадів, за багаторічного показника 51,5 мм, а у середні і середньосухі роки – 50,5 і 45,5 мм відповідно.

**Висновки**. Встановлено, що середньодобове випаровування буряків цукрових з шару ґрунту 0–50 см у вологі та середні роки свого максимуму набуває на 7–8-й декаді вегетаційного періоду та становить у середньому за роки досліджень 53,7 та 57,3 м³/га відповідно. У посушливі роки найбільшим – 58,2 м³/га – цей показник є у проміжку між 70 та 80 доби росту та розвитку культури. Стосовно шару ґрунту 0–100 см доведено, що у вологі роки рослини найбільш інтенсивно споживають вологу протягом від 60 до 80 доби вегетаційного періоду. У середні та сухі роки максимальні показники середньодобового випаровування виявлені у період від 8-ї до 9-ї декади. Крім того, найбільш стрімке зростання цього показника виявлено у вологі та посушливі роки,

тоді як у середні зростання та зниження випаровування за декадами росту та розвитку відбувалося більш повільно.

**Ключові слова:** погодні умови, цукровий буряк, водоспоживання, вегетаційний період, ріст і розвиток культури.

**Pysarenko P.V., Maliarchuk M.P., Maliarchuk A.S., Shchebryna Z.V., Shevchenko T.V. Total water consumption and evaporation of sugar beets in the South of Ukraine**

**Purpose** is the determination of indicators of average daily evaporation by decades of the vegetation period taking into account the natural moisture content of years of research for theoretical substantiation and practical implementation of a new calculation method of planning and operational management of agricultural irrigation cultures. **Methods:** field, laboratory, statistical. **Results.** A comparison of the indicators of total and average daily evaporation of sugar beets in different weather conditions shows that a significant difference in the calculated indicators is observed in May and the first half of June, as well as at the end of the growing season. It is estimated that at the beginning of the growing season in the middle humid and humid years, the decadal and daily

water consumption is much higher than in the middle and middle dry years. This is due to the fact that in wet and medium-wet years in May and the first decade of June fell an average of 127 mm of precipitation, with a long-term 51.5 mm, and in medium and medium dry years 50.5 and 45.5 mm, respectively. **Conclusion.** It is established that the average daily evaporation of sugar beets from the soil layer 0–50 cm in the wet and middle years of its maximum reaches 7–8 decades of the growing season and averages 53.7 and 57.3 m<sup>3</sup> / ha, respectively. In dry years, the highest 58.2 m<sup>3</sup>/ha, this figure is between 70 and 80 days of growth and development of culture. Regarding the soil layer 0–100 cm, it is proved that in wet years the plants consume moisture most intensively during 60 to 80 days of the growing season. In the middle and dry years, the maximum rates of average daily evaporation were found in the period from 8 to 9 decades. In addition, the most rapid growth of this indicator was found in wet and dry years, while in the average growth and decline in evaporation by decades of growth and development was slower.

**Key words:** weather conditions, sugar beet, water consumption, growing season, growth and development of culture.



## ТИПОЛОГІЗАЦІЯ ТЕХНОГЕННО ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ, ЯКІ ЗНАХОДЯТЬСЯ ПІД ЗВАЛИЩАМИ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ, З УРАХУВАННЯМ ЛОКАЛЬНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ

**ПИСАРЕНКО П.В.** – доктор сільськогосподарських наук, професор  
*orcid.org/0000-0002-4915-265X*

Полтавський державний аграрний університет

**САМОЙЛІК М.С.** – доктор економічних наук професор,  
*orcid.org/0000-0003-2410-865X*

Полтавський державний аграрний університет

**ГАЛИЦЬКА М.А.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
*orcid.org/0000-0003-2579-0515*

Полтавський державний аграрний університет

**ЦЬОВА Ю.А.** – кандидат сільськогосподарських наук доцент  
*orcid.org/0000-0002-2796-3830*

Полтавський державний аграрний університет

**Постановка проблеми.** Місця видалення відходів, стічні води полігонів і звалищ твердих побутових відходів (ТПВ) у результаті недотримання правил їх складування і захоронення наносять збиток флорі і фауні регіонів, здоров'ю населення та впливають на динамічну рівновагу біосфери. Незважаючи на це, найрозповсюдженішим способом поводження з відходами в регіонах України залишається захоронення [1; 2]. Під полігони і звалища відходів відчужуються цінні у сільськогосподарському відношенні земельні ресурси. Загалом відходи вивозять на 4530 санкціонованих звалищ і полігонів ТПВ у регіонах України, з яких 770 обслуговують крупні населені пункти [3; 4]. Водночас більшість звалищ і полігонів ТПВ заповнені на 90% та не відповідають вимогам екологічної безпеки, практично всюди відсутні системи утилізації фільтрату, збору біогазу, що збільшує техногенну небезпеку даних об'єктів для прилеглих територій [5].

В Україні звалища ТПВ переважно межують із сільськими територіями і можуть бути причиною погіршення екоотоксикологічного стану ґрунтів, якості поверхневих і підземних вод та сільськогосподарської продукції. Тобто основна проблема даного питання, як зазначають більшість вітчизняних науковців, полягає в тому, що звалища ТПВ – це не тільки вилучені землі сільськогосподарського призначення із господарського обігу регіону, але і забруднені території навколо них [6; 7], при цьому масштаби забруднення та збитки від цього оцінюються по різному [8–11].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Розробленню методів оцінки якості навколишнього середовища в зоні впливу звалищ ТПВ, а також принципам і критеріям оцінки видалення відходів присвячені роботи Астела А.М. [12], Єремєєва І.С. [13], Кумара А.А. [14], Писаренко П.В. [15], Диченко О.Ю., [16], Самойлік М.С. [17], Петрука В.Г. [18], Pantini S. [19], Фішо Ф.І. [20] та ін, але питання оцінки їх фактичного впливу на прилеглі території, зокрема сільськогосподарські угіддя з урахуванням локальних особливостей, не достатньо опрацьовані.

Ураховуючи, що техногенно порушені землі під звалищами ТПВ займають значні території сільськогоспо-

дарського призначення (у Полтавській області 54% звалищ ТПВ межують із землями сільськогосподарського призначення на відстані менше 100 м) [21–24] та забруднюють прилеглі сільськогосподарські угіддя, постає необхідність у їх дослідженні з точки зору екологічної безпеки для даних територій на локальному рівні та розробці методів мінімізації впливу даних джерел забруднення на прилеглі землі сільськогосподарського призначення.

Тому **метою** даної роботи є обґрунтування методичних засад оцінки впливу техногенно порушених земель під звалищами ТПВ на сільськогосподарські угіддя з урахуванням локальних особливостей та класифікація звалища ТПВ за рівнем безпеки, формування пріоритетних напрямків відновлення даних територій та повернення земель сільськогосподарського призначення в господарський обіг відповідно до ступеня та виду забруднення у ґрунті

**Матеріали та методика дослідження.** Ураховуючи, що об'єктом даного дослідження виступають техногенно порушені землі, які займають значні території сільськогосподарського призначення у Полтавській області та забруднюють прилеглі сільськогосподарські угіддя, а відтак – сільськогосподарську продукцію, постає необхідність у їх дослідженні з точки зору екологічної безпеки для даних територій на локальному рівні та розробки методів мінімізації впливу на них даних джерел забруднення. Територія звалища ТПВ с. Сенча Лохвицького району Полтавської області розташована на землях сільськогосподарського призначення, відстань до найближчих сільськогосподарських угідь складає 0-15 м, а тому створює загрозу продовольчій та екологічній безпеці даних території. Тому більш деталізованим об'єктом дослідження стали техногенно порушені землі Сенчанської сільської ради Лохвицького району Полтавської області та їх вплив на сільськогосподарські угіддя.

Для виконання поставлених у дослідженні завдань відбирали проби ґрунту, природних вод та атмосферного повітря у зоні впливу техногенно забруднених територій.

Відбір ґрунтових проб виконували відповідно до ДСТУ 4287:2004, підготовку до аналізу – згідно з вимогами ДСТУ ISO 11464-2007. Проби відбиралися у трьохкратній повторюваності. Відбір проб ґрунту здійснювали на межі звалища, на відстані 50 м, 100 м, 200 м та 500 м у напрямку розміщення сільськогосподарських угідь, що знаходяться на найближчій відстані до звалища ТПВ. Визначення вмісту свинцю, ртуті, міді, цинку виконували атомно-абсорбційним методом із використанням спектрофотометру атомно-абсорбційний С-115 У (методи ДСТУ 4770.9:2007; ДСТУ ISO 16772:2005; ДСТУ 4770.6:2007; ДСТУ 4770.2:2007); нафтородуктів – відповідно ГОСТ 23740-79. Лабораторний аналіз проб ґрунту та води здійснювали на базі акредитованої лабораторії агроекологічного моніторингу ПДАУ. Статистичну обробку даних проводили за допомогою програми Microsoft Office Excel 2010.

**Результати дослідження.** Ураховуючи те, що більшість звалищ ТПВ на місцевому рівні мають несанкціонований характер, класифікацію техногенно порушених

земель найкраще здійснювати за узагальненою експертною методикою, наведеною у табл. 1, яка містить узагальнену кількість показників, відібраних по пріоритетності за методикою [25]: технічні (Т) – обсяг видалених відходів ( $T_1$ ), площа забрудненої території ( $T_2$ ), відстань до сільськогосподарських угідь ( $T_3$ ); екологічні (Е) – вміст важких металів (ВМ) та нафтопродуктів (НФ) у ґрунті на території звалищ ТПВ ( $E_1$ ) та на межі із сільськогосподарськими угіддями ( $E_2$ ).

Залежно від технічних показників виділено категорію і підкатегорію техногенно забруднених земель, екологічних – рівень небезпеки.

**Категорія небезпеки:** *I категорія* – відносно забруднені території невеликої площі (з невеликим обсягом видалених ТПВ – до 10 м<sup>3</sup>, площа до 15 м<sup>2</sup>); *II категорія* – забруднені території, на яких накопичено до 1000 м<sup>3</sup> ТПВ, площа до 1000 м<sup>2</sup>; *III категорія* – сильно забруднені території за межами населеного пункту, з площею понад 1000 м<sup>2</sup> та обсягом видалених ТПВ більше 1000 м<sup>3</sup>.

Таблиця 1

**Експертна методика оцінки впливу техногенно порушених земель, які знаходяться під звалищами ТПВ, на сільськогосподарські угіддя з урахуванням локальних особливостей**

| Категорія небезпеки | T1                                               | T2                                       | Підкатегорія небезпеки | T3                                 | Рівень небезпеки | Перевищення ГДК                | Вид забруднення |
|---------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------|--------------------------------|-----------------|
| I                   | Обсяг накопичених ТПВ менше 10 м <sup>3</sup>    | Площа звалища менше 15 м <sup>2</sup>    | а                      | Відстань до с/г угідь менше 200 м  | $H_0$            | відсутні                       |                 |
|                     |                                                  |                                          |                        |                                    | $H_1$            | Наявні на території звалища    | ВМ*             |
|                     |                                                  |                                          |                        |                                    |                  |                                | НФ**            |
|                     |                                                  |                                          |                        |                                    |                  |                                | ВМ+НФ           |
|                     |                                                  |                                          | б                      | Відстань до с/г угідь більше 200 м | $H_2$            | Наявні на межі із с/г угіддями | ВМ              |
|                     |                                                  |                                          |                        |                                    |                  |                                | НФ              |
|                     |                                                  |                                          |                        |                                    |                  |                                | ВМ+НФ           |
| II                  | Обсяг накопичених ТПВ 10- 1000 м <sup>3</sup>    | Площа звалища до 1000 м <sup>2</sup>     | а                      | Відстань до с/г угідь менше 200 м  | $H_0$            | відсутні                       |                 |
|                     |                                                  |                                          |                        |                                    | $H_1$            | Наявні на території звалища    | ВМ              |
|                     |                                                  |                                          |                        |                                    |                  |                                | НФ              |
|                     |                                                  |                                          |                        |                                    |                  |                                | ВМ+НФ           |
|                     |                                                  |                                          | б                      | Відстань до с/г угідь більше 200 м | $H_2$            | Наявні на межі із с/г угіддями | ВМ              |
|                     |                                                  |                                          |                        |                                    |                  |                                | НФ              |
|                     |                                                  |                                          |                        |                                    |                  |                                | ВМ+НФ           |
| III                 | Обсяг накопичених ТПВ більше 1000 м <sup>3</sup> | Площа звалища більше 1000 м <sup>2</sup> | а                      | Відстань до с/г угідь менше 200 м  | $H_0$            | відсутні                       |                 |
|                     |                                                  |                                          |                        |                                    | $H_1$            | Наявні на території звалища    | ВМ              |
|                     |                                                  |                                          |                        |                                    |                  |                                | НФ              |
|                     |                                                  |                                          |                        |                                    |                  |                                | ВМ+НФ           |
|                     |                                                  |                                          | б                      | Відстань до с/г угідь більше 200 м | $H_2$            | Наявні на межі із с/г угіддями | ВМ              |
|                     |                                                  |                                          |                        |                                    |                  |                                | НФ              |
|                     |                                                  |                                          |                        |                                    |                  |                                | ВМ+НФ           |
|                     |                                                  |                                          | а                      | Відстань до с/г угідь менше 200 м  | $H_1$            | Наявні на території звалища    | ВМ              |
|                     |                                                  |                                          |                        |                                    |                  |                                | НФ              |
|                     |                                                  |                                          |                        |                                    |                  |                                | ВМ+НФ           |
|                     |                                                  |                                          | б                      | Відстань до с/г угідь більше 200 м | $H_2$            | Наявні на межі із с/г угіддями | ВМ              |
|                     |                                                  |                                          |                        |                                    |                  |                                | НФ              |
|                     |                                                  |                                          |                        |                                    |                  |                                | ВМ+НФ           |

Таблиця 2

Експертна оцінка техногенно порушених земель під звалищами ТПВ з урахуванням їх впливу на сільськогосподарські угіддя (на прикладі Сенчанської сільської ради Лохвицького району Полтавської області)

| Категорія небезпеки                              | Підкатегорія небезпеки | Рівень небезпеки                       | Місцезнаходження, координати                                                                                            | Обсяг накопичених ТПВ (орієнтовно), м³ | Площа звалища, м² (орієнтовно) | Відстань до сільськогосподарських угідь, м | Вміст свинцю у ґрунті на території звалища Сі/ГДК | Вміст свинцю у ґрунті на межі із с/г угіддями Сі/ГДК | Вміст нафто-продуктів у ґрунті на території звалища Сі/ГДК | Вміст нафто-продуктів у ґрунті на межі із с/г угіддями Сі/ГДК |
|--------------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| I                                                | а                      | H <sub>0</sub>                         | 50°14'57.24" C;<br>33°19'37.74" B                                                                                       | 10                                     | 15                             | ≥200                                       | 0,2                                               | <0,1                                                 | <0,1                                                       | <0,1                                                          |
|                                                  |                        |                                        | 50°14'53.17" C;<br>33°19'38.25" B                                                                                       | 10                                     | 15                             | ≥200                                       | <0,1                                              | <0,1                                                 | <0,1                                                       | <0,1                                                          |
|                                                  |                        |                                        | 50°14'48.57" C;<br>33°20'13.10" B                                                                                       | 8                                      | 10                             | ≥200                                       | 0,3                                               | <0,1                                                 | <0,1                                                       | <0,1                                                          |
|                                                  |                        |                                        | 50°14'17.36" C;<br>33°20'10.63" B                                                                                       | 5                                      | 7                              | ≥200                                       | 0,2                                               | <0,1                                                 | <0,1                                                       | <0,1                                                          |
|                                                  |                        |                                        | 50°15'02.03" C;<br>33°20'54.54" B                                                                                       | 7                                      | 8                              | ≥200                                       | 0,3                                               | <0,1                                                 | <0,1                                                       | <0,1                                                          |
|                                                  |                        |                                        | 50°15'12.86" C;<br>33°20'20.69" B                                                                                       | 10                                     | 15                             | ≥200                                       | <0,1                                              | <0,1                                                 | <0,1                                                       | <0,1                                                          |
|                                                  |                        |                                        | 50°15'28.00" C;<br>33°20'36.59" B                                                                                       | 10                                     | 14                             | ≥200                                       | <0,1                                              | <0,1                                                 | <0,1                                                       | <0,1                                                          |
|                                                  |                        |                                        | 50°15'20.90" C;<br>33°20'57.78" B                                                                                       | 8                                      | 10                             | ≥200                                       | <0,1                                              | <0,1                                                 | <0,1                                                       | <0,1                                                          |
|                                                  |                        |                                        | 50°15'55.83" C;<br>33°20'46.80" B                                                                                       | 10                                     | 14                             | ≥200                                       | 0,2                                               | <0,1                                                 | <0,1                                                       | <0,1                                                          |
|                                                  |                        |                                        | 50°16'05.68" C;<br>33°21'36.09" B                                                                                       | 10                                     | 13                             | ≥200                                       | 0,1                                               | <0,1                                                 | <0,1                                                       | <0,1                                                          |
|                                                  |                        |                                        | 50°15'49.82" C;<br>33°21'39.84" B                                                                                       | 8                                      | 10                             | ≥200                                       | <0,1                                              | <0,1                                                 | 0,5                                                        | 0,1                                                           |
|                                                  |                        |                                        | 50°16'29.03" C;<br>33°22'11.36" B                                                                                       | 10                                     | 11                             | 30                                         | 0,5                                               | 0,1                                                  | 0,2                                                        | 0,1                                                           |
|                                                  | б                      | H <sub>1</sub> НФ                      | 50°16'15.62" C;<br>33°22'06.41" B                                                                                       | 10                                     | 13                             | 25                                         | 0,7                                               | 0,2                                                  | <b>1,1</b>                                                 | 0,6                                                           |
|                                                  |                        |                                        | 50°14'50.56" C;<br>33°21'57.00" B                                                                                       | 10                                     | 14                             | 150                                        | 0,5                                               | 0,2                                                  | <b>1,2</b>                                                 | 0,1                                                           |
|                                                  |                        |                                        | 50°14'35.51" C;<br>33°21'34.45" B                                                                                       | 10                                     | 15                             | 120                                        | 0,9                                               | 0,3                                                  | <b>1,1</b>                                                 | 0,3                                                           |
|                                                  |                        | H <sub>1</sub> ВМ                      | 50°14'11.59" C;<br>33°22'16.44" B                                                                                       | 10                                     | 11                             | 30                                         | <b>1,1</b>                                        | 0,5                                                  | 0,7                                                        | 0,2                                                           |
|                                                  |                        |                                        | 50°13'52.13" C;<br>33°22'19.58" B                                                                                       | 10                                     | 13                             | 25                                         | <b>1,2</b>                                        | 0,7                                                  | 0,1                                                        | 0,1                                                           |
| II                                               | а                      | H <sub>0</sub>                         | 50°14'57.24" C;<br>33°19'37.74" B                                                                                       | 100 м³                                 | 75                             | ≥200                                       | <0,1                                              | <0,1                                                 | <0,1                                                       | <0,1                                                          |
|                                                  | б                      | H <sub>1</sub> НФ                      | 50°15'57.66" C;<br>33°21'47.69" B                                                                                       | 90                                     | 100                            | 120                                        | 0,1                                               | <0,1                                                 | <b>1,2</b>                                                 | 0,3                                                           |
|                                                  |                        | H <sub>1</sub> ВМ                      | 50°14'56.88" C;<br>33°21'50.78" B                                                                                       | 120                                    | 87                             | 100                                        | <b>1,1</b>                                        | 0,22                                                 | 0,2                                                        | 0,1                                                           |
| III на землях сільськогосподарського призначення | б                      | H <sub>1</sub> НФ<br>H <sub>2</sub> НФ | 50°13'47.88" C;<br>33°22'24.88" B<br>В Розміщене за межами населеного пункту (на захід від с. Сенча) на відстані 1,4 км | 9140                                   | 21000                          | 0-15                                       | 0,58                                              | 0,39                                                 | <b>1,5</b>                                                 | <b>1,2</b>                                                    |

**Підкатегорія небезпеки:** *а* – відстань до сільськогосподарських угідь менше 200 м; *б* – відстань до сільськогосподарських угідь більше 200 м згідно [26].

**Рівень небезпеки:**  $H_0$  – перевищення ГДК за забруднюючими речовинами відсутні;  $H_1$  – наявні перевищення ГДК за забруднюючими речовинами на території звалища ТПВ;  $H_2$  – наявні перевищення ГДК за забруднюючими речовинами на межі із сільськогосподарськими угіддями.

**Вид забруднення.** Для підбору заходів відновлення техногенно забруднених територій та зменшення їх негативного впливу на сільськогосподарські угіддя концентрується вид забруднення.

У результаті проведеного дослідження (табл. 2) встановлено, що 17 несанкціонованих звалищ Сенчанської сільської ради Лохвицького району Полтавської області відносяться до I категорії небезпеки, мають площу до 15 м<sup>2</sup> кожного, обсяг видалених ТПВ менше 10 м<sup>3</sup>, відстань до сільськогосподарських угідь у 11 більше 200 м (підкатегорія *а*), у 6 менше 200 м (підкатегорія *б*). Три звалища ТПВ відносяться до II категорії небезпеки, мають площу до 1000 м<sup>2</sup>, обсяг видалених ТПВ менше 1000 м<sup>3</sup>, відстань до сільськогосподарських угідь у 1 більше 200 м (підкатегорія *а*), у 2 менше 200 м (підкатегорія *б*). Одне звалище ТПВ відноситься до III категорії небезпеки, має обсяг накопичення ТПВ більше 1000 м<sup>3</sup> (9140 м<sup>3</sup>) та площу більше 1000 м<sup>2</sup> (2,1 га) (звалище ТПВ с. Сенча), знаходиться на землях сільськогосподарського призначення, відстань до найближчих сільськогосподарських угідь – від 0 до 15 м (підкатегорія *б*).

Вміст важких металів (свинцю) і нафтопродуктів визначався безпосередньо на території техногенно порушених земель та на межі із сільськогосподарськими угіддями (табл. 3). Визначено, що на межі із землями сільськогосподарського призначення наявні перевищення по нафтопродуктам у 1 звалища ТПВ – звалище ТПВ с. Сенча Лохвицького району Полтавської області. Для інших звалищ ТПВ перевищення ГДК на межі із сільськогосподарськими угіддями відсутні. На

території техногенно порушених земель незначні перевищення ГДК (1, 1-1,3 ГДК) по свинцю наявні у 2 звалища ТПВ I/б категорії, 1 звалищі ТПВ II/б категорії, 1 – категорії III/б. Перевищення ГДК по нафтопродуктам (1, 1-1,2 ГДК) на території техногенно порушених земель характерне для 3 звалищ ТПВ категорії I/б, 1 – категорії II/б, 1 – категорії III/б.

На основі проведеної експертної оцінки техногенно порушених територій під звалищами ТПВ, їх впливу на сільськогосподарські угіддя на прикладі Сенчанської сільської ради Лохвицького району Полтавської області розроблено алгоритм вибору першочергових пріоритетних заходів повернення земель сільськогосподарського призначення у господарський обіг, що зазнали техногенного забруднення від звалищ ТПВ (табл. 4).

Отже, в системі відновлення техногенно порушених земель під звалищами ТПВ можна виділити такі етапи:

1. Технічний етап рекультивації. Очистка від ТПВ, відсортування ресурсоцінних фракцій та вивезення їх на переробку. За можливості відбір органічних відходів та їх компостування.

2. Ремедіація. Очистка ґрунту на території техногенно забруднених територій та підбір заходів відповідно до наявного забруднення. За необхідності очистка ґрунту на території прилеглих сільськогосподарських угідь.

3. Біологічна рекультивація. За необхідності – попередня фіторемердіація для очистки ґрунту від забруднення. У подальшому, якщо територія техногенно порушених земель на території житлової забудови – створення зелених насаджень або інфраструктурне використання. Якщо землі сільськогосподарського призначення – повернення техногенно порушених земель у господарський обіг для вирощування безпечної сільськогосподарської продукції.

**Висновки.** Таким чином, запропонована експертна методика оцінки впливу техногенно порушених земель на сільськогосподарські угіддя з урахуванням локальних особливостей дозволяє класифікувати звалища

Таблиця 3

**Оцінка якості ґрунтів у місці розташування звалища ТПВ с. Сенча Лохвицького району Полтавської області**

| Місце відбору проб                                                           | Свинець (ГДК – 32 мг/кг)* | Ртуть (ГДК – 2,1 мг/кг)* | Мідь (ГДК – 3,0 мг/кг)* | Цинк (ГДК – 23 мг/кг)* | Нафтопродукти (ГДК – 1000 мг/кг)* |
|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| Оцінка якості ґрунтів у місці розташування звалища ТПВ (на межі звалища ТПВ) | 18,65±0,10                | 0,5±0,020                | 2,45±0,10               | 18,63±0,91             | 1500±29,4                         |
| Оцінка якості ґрунтів на відстані 50 м від звалища ТПВ                       | 12,56±0,52                | <0,10±0,005              | 1,46±0,023              | 11,46±0,467            | 1100±42                           |
| Оцінка якості ґрунтів на відстані 100 м від звалища ТПВ                      | 11,65±0,310               | <0,1±0,005               | 1,44±0,046              | 11,98±0,22             | 798±35                            |
| Оцінка якості ґрунтів на відстані 200 м від звалища ТПВ                      | 2,66±0,025                | <0,1±0,005               | 1,63±0,069              | 11,65±0,50             | 264±10                            |
| Оцінка якості ґрунтів на відстані 500 м від звалища ТПВ                      | 2,01±0,087                | <0,1±0,005               | 2,01±0,079              | 12,13±0,55             | 201±10                            |

\* відповідно Наказу МОЗ від 14.07.2020 № 1595 «Про затвердження Гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті»

Таблиця 4

Типологізація звалищ ТПВ по напрямку удосконалення системи відновлення техногенно порушених земель та мінімізації їх впливу на землі сільськогосподарського призначення\*

| Категорія небезпеки | Підкатегорія небезпеки | Рівень небезпеки                                                                      | Пріоритетні заходи                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I                   | a                      | Н <sub>0</sub><br><br>Н <sub>1</sub> НФ<br>Н <sub>1</sub> ВМ<br><br>Н <sub>1</sub> НФ | 1. Технічна рекультивация: очистка від несанкціоновано видалених ТПВ.<br>2. Біологічна рекультивация за допомогою багаторічних зелених насаджень.                                                                                                                                                                                                                                  |
|                     | б                      |                                                                                       | 1. Технічна рекультивация: очистка від несанкціоновано видалених ТПВ.<br>2. Очистка ґрунту (ремедіация ) від забруднення (заходи очистки від важких металів або нафтопродуктів)                                                                                                                                                                                                    |
|                     |                        |                                                                                       | 2. Біологічна рекультивация за допомогою багаторічних зелених насаджень.                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                     |                        |                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| II                  | a                      | Н <sub>0</sub>                                                                        | 1. Потреба очищення від несанкціоновано видалених ТПВ.<br>2. Інфраструктурне використання (в межах жилих забудов) або біологічна рекультивация                                                                                                                                                                                                                                     |
|                     | б                      | Н <sub>1</sub> НФ                                                                     | 1. Технічна рекультивация: очистка від несанкціоновано видалених ТПВ.<br>2. Очистка ґрунту (ремедіация ) від забруднення (заходи очистки від важких металів або нафтопродуктів)                                                                                                                                                                                                    |
|                     |                        | Н <sub>1</sub> ВМ                                                                     | 2. Біологічна рекультивация за допомогою багаторічних зелених насаджень.                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| III                 | б                      | Н <sub>1</sub> НФВМ<br>Н <sub>2</sub> НФ                                              | 1. Технічна рекультивация: очистка від ТПВ.<br>2. Очистка ґрунту (ремедіация) від забруднення (заходи очистки від важких металів або нафтопродуктів)<br>3. Фіторемедіация.<br>4. Очистка ґрунту прилеглих земель сільськогосподарського призначення<br>5. Повернення земель техногенно забруднених територій у господарський обіг для вирощування сільськогосподарської продукції. |

Джерело: складено з використанням [17–19]

ТПВ за рівнем небезпеки та сформувати пріоритетні напрями відновлення даних територій відповідно від ступеня та виду забруднення у ґрунті. Результати даних досліджень можуть бути використані при оцінці та зменшенні негативного впливу техногенно забруднених земель під звалищами ТПВ на навколишнє середовище з метою відновлення даних територій та повернення їх у господарський обіг у контексті забезпечення екологічної, продовольчої безпеки регіону та створення сталих агроecosystem.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Національна екологічна політика України: оцінка і стратегія розвитку. Документ підготовлено в рамках проекту ПРООН / ГЕН «Оцінка національного потенціалу в сфері глобального екологічного управління в Україні». Київ : Генеза, 2007. 186 с.
2. Pysarenko, P., Samoilik, M., Taranenko, A., Tsova, Y., & Sereda, M. Case study: Influence of probiotics-based products on phytopathogenic bacteria and fungi in agrocenosis. *Agraarteadus*. 2021. Т. 32. № 2. С. 303–306.
3. Статистичний збірник «Регіони України»: у 2 т. / За редакцією І.Є. Вернера. Київ : Державна служба статистики України, 2020. Т. 1. 309 с.
4. Тараненко А.О., Кулик М.І., Тараненко С.В., Галицька М.А. Вплив способу вирощування проса прутноподібного на динаміку органічної речовини у ґрунті та врожайність біомаси. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 3. С. 135–149.
5. Pisarenko P. V., Samoylik M.S., Korchagin O.P. Phytotoxic assessment of sewage treatment methods in disposal sites *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 2019. Т. 341. № 1. С. 12002.
6. Kulyk, M. I., Galytska, M. A., Samoylik, M. S., & Zhornyk, I. I. Phytoremediation Aspects of Energy Crops Use in Ukraine *Agrology*. 2018. № 4(1). С. 373–381.
7. Теоретико-методологічні засади управління сферою поводження з твердими відходами на регіональному рівні : монографія / Самойлік М.С., Писаренко П.В. Цьова Ю.А. та ін. Полтава : Сімон, 2021. 524 с.
8. Генік Я.В. Еколого-біологічні основи відновлення ландшафтів, порушених звалищами та полігонами твердих побутових відходів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2009. Вип. 19.2. С. 77–82.
9. Снітинський В., Зеліско О. Екологічний моніторинг антропогенно порушених земель Львівського полігону твердих побутових відходів. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія : Агрономія*. 2014. № 18. С. 3–7.
10. Семененко І.С., Супруненко О.В. Проблема твердих побутових відходів та її регіональні аспекти. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Економіка*. Ужгород : Видавництво УжНУ «Говерла», 2011. Вип. 32. С. 50–55.
11. Dalemo M. Joensson B. Effects of including nitrogen emissions from soil in environmental systems analysis of waste management strategies. *Resources, Conservation & Recycling*. 2008. Т. 24. № 3-4.
12. Astel A.M., Chepanova L., Simeonov V. Soil contamination interpretation by the use of monitoring data analysis. *Water. Air. Soil Pollut.* 2011. Т. 216. № 1-4.

13. Єремєєв І.С., Марчук С.В. Дослідження впливу полігонів ТПВ на землі сільськогосподарського призначення. *Агросвіт*. 2015. № 15. С. 3–8.
14. Kumar A., Samadder S.R. An empirical model for prediction of household solid waste generation rate – A case study of Dhanbad, India. *Waste Manag.* 2017. Т. 68. С. 3–15.
15. Pisarenko, P., Samojlik, M., Korchagin, O., Tsova, Y. Strategic Management Directions of Solid Domestic Waste Sphere in the Poltava Region *Sci. Horizons*. 2019. № 1. Р. 3–11.
16. Диченко О.Ю., Писаренко П.В., Цьова Ю.А., Середа М.С. Напрями біоремедіації техногенно забруднених ґрунтів *Таврійський науковий вісник*. 2021 р. № 120. С. 282–292.
17. Управління та поводження з відходами : навчальний посібник. Ч. 1. Технології знезараження непридатних пестицидів / Петрук В.Г., Ранський А.П., Васильківський І.В. та ін. Вінниця : ВНТУ, 2012. 265 с.
18. Концептуальні напрями регіонального управління сферою поводження з твердими побутовими відходами / Писаренко П.В., Самойлік М.С., Диченко О.Ю. та ін. *Вісник ПДАА*. 2021. №. С. 82–90.
19. Pantini S., Verginelli I., Lombardi F. A new screening model for leachate production assessment at landfill sites. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2014. Т. 11. № 6. Р. 98–108.
20. Фишо Ф.І. Пособие по мониторингу полигонов твердых бытовых отходов. Донецк : Тасис, 2004. 293 с.
21. Середа М.С. Діагностика ризиків та загроз впливу техногенно порушених земель під звалищами твердих побутових відходів на сільськогосподарські угіддя. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. Вип. 3(102). 2021. С. 91–101.
22. Дековець В.О., Кулик М.І., Галицька М.А. Біологізація технології вирощування міскантусу гігантського на біопаливо. *Аграрні інновації*. 2022. № 10. С. 23–28.
23. Pysarenko P.V., Samojlik M.S., Plaksienko I.L., Kolesnikova L.A. Conceptual framework for ensuring resource and environmental safety in the region. *Theoretical and Applied Ecology*. 2019. № 2. Р. 137–142.
24. Galytskaya, M., Iryna, P., Anatoly, K., Mishchenk, O. Switchgrass and lupin as phytoremediation crops of contaminated soils. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*. 2020. Р. 779–786.
25. Eurostat: A Selection of Environmental Pressure Indicators for the EU and Acceding Countries. 2019. 524 p.
26. ДБН В.2.4-2-2005. Полігони твердих побутових відходів. Основні положення про проектування [Чинні від 2006-01-01]. Київ : Держбуд України, 2005. 36 с.
- otics-based products on phytopathogenic bacteria and fungi in agrocenosis. *Agrarteadus*, 32(2). <https://doi.org/10.15159/jas.21.41>
3. *Statystychnyi zbirnyk «Rehiony Ukrainy»: u 2 t. Statistical collection (2020) [Regions of Ukraine]: in 2 volumes* / edited by IE Werner. Kyiv: State Statistics Service of Ukraine, Vol. 1. 309 p. [in Ukrainian].
4. Taranenko, A. O., Kulyk, M. I., Taranenko, S. V., & Galytska, M. A. (2020). Influence of different methods of switch-grass cultivation on soil organic matter dynamics and biomass productivity. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (3), 135–149. doi: 10.31210/visnyk2020.03.15
5. Pisarenko, P. V, Samoylik, M. S., & Korchagin, O. P. (2019). Phytotoxic assessment of sewage treatment methods in disposal sites. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 341(1), 12002. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/341/1/012002>
6. Kulyk, M. I., Galytska, M. A., Samoylik, M. S., & Zhornyk, I. I. (2018). Phytoremediation Aspects of Energy Crops Use in Ukraine. *Agrology*, 1(4), 373–381. <https://doi.org/10.32819/2617-6106.2018.14020>
7. Samojlik M., Korchagin A., Tsova, Y., Sereda M. (2021) *Teoretyko-metodolohichni zasady upravlinnia sferoiu povodzhennia z tverdymy vidkhodamy na rehionalnomu rivni* [Theoretical and methodological principles of solid waste management at the regional level monograph] Poltava: Simon [in Ukrainian].
8. Henik Ya. V. (2009). Ekoloho-biolohichni osnovy vidnovlennia landshaftiv, porushenykh zvalyshchamy ta polihonamy tverdikh pobutovykh vidkhodiv. [Ecological and biological bases of restoration of landscapes disturbed by landfills and landfills of solid household waste]. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, (19.2) [in Ukrainian].
9. Snitynskyi V., Zelisko O., Khirivskiy P., Buchko A., Korinets Yu. (2014). Ekolohichni monitorynh antropohenno porushenykh zemel Lvivskoho polihonu tverdikh pobutovykh vidkhodiv [Monitoring of anthropogenically disturbed lands of Lviv ground solid domestic wastes]. *Bulletin of Lviv National Agrarian University. Series: Agronomy*, (18). <https://doi.org/10.31734/agronomy2018.02.005>. [in Ukrainian].
10. Semenenko I.S., Suprunenko O.V., Semenenko V.I. (2011). Problema tverdikh pobutovykh vidkhodiv ta yii rehionalni aspekty. [Problem of domestic wastes in the mountains districts of transcarpathia and approaches of decision]. *Scientific Bulletin of Uzhgorod University. Series: Economics*, (32).
11. Dalemo, M., Sonesson, U., Jönsson, H., & Björklund, A. (1998). Effects of including nitrogen emissions from soil in environmental systems analysis of waste management strategies. *Resources, Conservation and Recycling*, 24(3–4). [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(98\)00064-0](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(98)00064-0)
12. Astel, A. M., Chepanova, L., & Simeonov, V. (2011). Soil contamination interpretation by the use of monitoring data analysis. *Water, Air, and Soil Pollution*, 216(1–4). <https://doi.org/10.1007/s11270-010-0539-1>
13. Yeremeyev, I. and Marchuk, S. (2015), Doslidzhennya vplyvu polihoniv tpv na zemli sil'skohospodars'koho pryznachennia [Research of the influence of polygons municipal solid waste on agricultural land], *Agrosvit*, 15. [in Ukrainian]

## REFERENCES:

1. Natsionalna ekolohichna polityka Ukrainy: otsinka i stratehiia rozvytku. Dokument pidhotovleno v ramkakh proektu PROON / HEN «Otsinka natsionalnoho potentsialu v sferi hlobalnoho ekolohichnoho upravlinnia v Ukraini» [National Capacity Assessment in the Field of Global Environmental Management in Ukraine] (2007). K.: Genesis,. 186 p [in Ukrainian].
2. Pysarenko, P., Samojlik, M., Taranenko, A., Tsova, Y., & Sereda, M. (2021). Case study: Influence of probi-

14. Kumar, A., & Samadder, S. R. (2017). An empirical model for prediction of household solid waste generation rate – A case study of Dhanbad, India. *Waste Management*, 68. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.034>
15. Pisarenko, P., Samojlik, M., Korchagin, O., & Tsova, Y. (2019). Strategic Management Directions of Solid Domestic Waste Sphere in the Poltava Region. *Scientific Horizons*, 1. <https://doi.org/10.332491/2663-2144-2019-74-1-3-10>
16. Pysarenko, P.V., Dyachenko, O.Yu., Ts'ova, Yu.A., Sereda, M. S. Napryamy bioremediatsiyi tekhnogenno zabrudnenykh gruntiv [Directions of bioremediation of technogenic contaminated soils], *Tavriya Scientific Bulletin*, 120. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.35>
17. Petruk, V.G., Ransky, A.P., Vasylykivsky, I. V., Ishchenko, V.A., Bezvozyuk, I.I., Petruk, R.V., (2012) Upravlinnya ta povodzhennya z vidkhodamy. Navchal'nyy posibnyk. CH. 1. Tekhnolohiyi znezarazhennya neprydatnykh pestytsydiv [Waste management and management. Tutorial. Part 1. Technologies of disinfection of unusable pesticides]. *Vinnytsia: VNTU*. – 265 p. [in Ukrainian]
18. Pysarenko, P.V., Samoilik, M.S., Dyachenko, O.Yu., Ts'ova, Yu.A., Tretyakova, D.M., & Podliesnyi, A.V. (2021). Conceptual directions in regional management of municipal solid waste sphere. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (3), 82–90. doi:10.31210/visnyk2021.03.10
19. Pantini, S., Verginelli, I., & Lombardi, F. (2014). A new screening model for leachate production assessment at landfill sites. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 11(6). <https://doi.org/10.1007/s13762-013-0344-7>
20. Fisho, F.I., (2004). Posobie po monitoringu polygonov tverdykh bytovykh othodov. [Manual for monitoring solid waste landfills]. Donetsk: Tacis. [in Ukrainian].
21. Sereda, M. S. (2021). Risks and hazards diagnostics of impact of industry-related lands under municipal solid waste landfills on farmlands. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (3), 91–100. doi: 10.31210/visnyk2021.03.11
22. Dekovets, V.O., Kulik, M.I., & Galytska, M.A., (2022). Biologization of the technology of growing giant miscanthus on biofuels. *Agrarian Innovations*, 10. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.10.4>
23. Pysarenko, P. V., Samojlik, M. S., Plaksienko, I. L., & Kolesnikova, L. A. (2019). Conceptual framework for ensuring resource and environmental safety in the region. *Theoretical and Applied Ecology*. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2019-2-137-142>
24. Galytskaya, M., Iryna, P., Anatoly, K., & Mishchenk, O. (2020). Switchgrass and lupin as phytoremediation crops of contaminated soils. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*, 2020-August (5.1). <https://doi.org/10.5593/sgem2020/5.1/s20.098>
25. Eurostat (2019): A Selection of Environmental Pressure Indicators for the EU and Acceding Countries.
26. Polihony tverdykh pobutovykh vidkhodiv. Osnovni polozhennia pro proektuvannia [Landfills for solid household waste. Basic provisions on design] (2005) *DBN V.2.4-2-2005 approved by June 17, 2005. Kyiv: Derzhbud Ukrainy* [in Ukrainian].

**Писаренко П.В., Самойлік М.С., Галицька М.А., Цьова Ю.А. Типологізація техногенно порушених земель, які знаходяться під звалищами твердих побутових відходів, з урахуванням локальних особливостей**

Звалища твердих побутових відходів (ТПВ) переважно межують із сільськими територіями і можуть бути причиною погіршення екотоксикологічного стану ґрунтів, якості поверхневих і підземних вод та сільськогосподарської продукції, але питання оцінки їх фактичного впливу на прилеглі території, зокрема сільськогосподарські угіддя з урахуванням локальних особливостей, не достатньо опрацьовані. Тому **метою** даної роботи було обґрунтування методичних засад оцінки впливу техногенно порушених земель під звалищами ТПВ на сільськогосподарські угіддя з урахуванням локальних особливостей та класифікація звалищ ТПВ за рівнем небезпеки, формування пріоритетних напрямків відновлення даних територій та повернення земель сільськогосподарського призначення у господарський обіг відповідно від ступеня та виду забруднення у ґрунті. **Методи.** Під час виконання роботи комплексно використовували розрахунково-порівняльні, математично-статистичні, розрахунково-порівняльні методи та методи системного аналізу.

У роботі проведено оцінку впливу техногенно порушених земель на сільськогосподарські угіддя на регіональному (на прикладі Полтавської області) та місцевому (на прикладі Сенчанської сільської ради Лохвицького району Полтавської області) рівнях, проведена класифікація звалищ ТПВ за рівнем небезпеки, що дозволило визначити пріоритетний комплекс заходів відновлення техногенно порушених земель під звалищами ТПВ та мінімізації їх впливу на сільськогосподарські угіддя. На основі проведеної експертної оцінки техногенно порушених територій під звалищами ТПВ, їх впливу на сільськогосподарські угіддя на прикладі Сенчанської сільської ради Лохвицького району Полтавської області розроблено алгоритм вибору першочергових пріоритетних заходів повернення земель, що зазнали техногенного забруднення від звалищ ТПВ сільськогосподарського призначення, в господарський обіг. **Результати** даних досліджень можуть бути використані при оцінці та зменшенні негативного впливу техногенно забруднених земель під звалищами ТПВ на навколишнє середовище з метою відновлення даних територій та повернення їх у господарський обіг у контексті забезпечення екологічної, продовольчої безпеки регіону та створення сталих агроecosystem. **Висновки.** Отже, запропонована експертна методика оцінки впливу техногенно порушених земель на сільськогосподарські угіддя з урахуванням локальних особливостей дозволяє класифікувати звалища ТПВ за рівнем небезпеки та сформувані пріоритетні напрямки відновлення даних територій відповідно від ступеня та виду забруднення у ґрунті.

**Ключові слова:** забруднення, ґрунт, звалище твердих побутових відходів, техногенно забруднені землі, агроценози, сільськогосподарські угіддя.

**Pysarenko P.V., Samoilik M.S., Halytska M.A., Tsova Yu.A. Typology of man-caused disturbed lands under solid waste landfills, taking into account local features**

Municipal solid waste (MSW) landfills are mostly bordering on rural areas and may cause deterioration of

soil ecotoxicology, surface and groundwater quality and agricultural products, but the question of assessing their actual impact on adjacent areas, including agricultural land, taking into account local areas. Therefore, the purpose of this work was to substantiate the methodological principles of assessing the impact of man-made disturbed lands under landfills on agricultural land, taking into account local characteristics and to classify landfills by level of danger, to form priority areas for restoration and return of agricultural land. from the degree and type of soil pollution. **Methods.** During the performance of the work the computational-comparative, mathematical-statistical, computational-comparative method and methods of system analysis were comprehensively used.

The impact of technogenic disturbed lands on agricultural lands at the regional (on the example of Poltava region) and local (on the example of Sencha village council of Lohvytsia district of Poltava region) was assessed, the classification of landfills by level of danger was carried out

disturbed lands under landfills and minimize their impact on agricultural land. Based on the expert assessment of man-caused disturbed areas under landfills, their impact on agricultural land on the example of Sencha village council of Lohvytsia district of Poltava region, an algorithm for selecting priority measures to return agricultural land to agricultural use has been developed. **The results of** these studies can be used to assess and reduce the negative impact of man-made contaminated land under landfills on the environment in order to restore these areas and return them to economic use in the context of environmental, food security and sustainable agro-ecosystems. **Conclusions.** Thus, the proposed expert method of assessing the impact of man-made disturbed lands on agricultural land, taking into account local features allows to classify landfills by level of danger and to form priority areas for restoration of these areas according to the degree and type of soil pollution.

**Key words:** pollution, soil, solid waste landfill, man-made contaminated lands, agroecosystems, agricultural lands.



## ФОРМУВАННЯ ПОСІВНИХ ЯКОСТЕЙ НАСІННЯ ГРЕЧКИ ЗАЛЕЖНО ВІД ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ

**ПШИЧЕНКО О.І.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
[orcid.org/0000-0003-4703-1747](https://orcid.org/0000-0003-4703-1747)

Сумський національний аграрний університет

**РАДЧЕНКО М.В.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
[orcid.org/0000-0001-9376-8657](https://orcid.org/0000-0001-9376-8657)

Сумський національний аграрний університет

**Постановка проблеми.** Єдиною не злаковою рослиною у групі зернових культур є гречка. І вона є однією з основних круп'яних культур, що має дуже гарні смакові якості. Хімічний склад зерна (вуглеводи – 68%, білок – 13%, клітковина – 13%, олія – 3,1%, зола – 2,8%, залізо – 1,7 % та вітаміни B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, P) характеризує гречану крупу як важливий лікувально-дієтичний продукт харчування особливо для дітей, літніх та хворих людей. Крім цього, вона ще є гарним медоносом (з 1 га посіву можна отримати в середньому 100 кг меду) [1].

Також гречка є гарним попередником для багатьох технічних і зернових культур. Та ще однією особливістю є те, що її можна висівати двічі на рік: ранньою весною та влітку (підходить для пересіву загиблої озимини та багатьох ранніх ярих сільськогосподарських культур) [2].

Та, незважаючи на значні переваги гречки, порівняно з іншими культурами площі під її посівами поступово знижуються. Основною проблемою скорочення виробництва є невисока її врожайність. Відомо, що врожай гречки залежить від погодних умов та інших зовнішніх факторів, тому висівати її треба виключно кондиційним насінням, а багато аграріїв взагалі перестраховуються та висівають не менше двох або трьох сортів гречки на одній ділянці. Однією з можливостей швидше прорости та зайняти якомога більше саме свого життєвого простору до появи нової хвилі сильних конкурентів є передпосівна обробка насіння [3]. Адже чим швидше проросте насіння, тим скоріше сформується сильніша рослина, у якій буде більше можливостей спожити елементи живлення та сформувати вищий врожай.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Нині є безліч препаратів для передпосівної обробки насіння. Та в нашому університеті вирішили деяку площу зайняти вирощуванням органічної продукції. Тому коло препаратів суттєво знизилось. Вченими різних наукових структур було проведено багато дослідів з використанням біологічних препаратів.

Так, трирічними дослідженнями було встановлено, що передпосівна обробка насіння гречки діазобактерином та хетоміком дозволила отримати підвищення врожаю у середньому на 21%, а за сумісного застосування на 35%. При цьому коефіцієнт енергетичної ефективності становив 3,64, а умовний прибуток із розрахунку на 1 га площі посіву зростав на 7463 грн [4]. Ще високі врожаї гречки формувалися у разі обробки насіння перед сівбою біологічними препаратами Діазобактерином у нормі 200 мл і Радостимом

у нормі 250 мл/т та з наступним обприскуванням посівів Радостимом у нормі 50 мл/га [5].

Інокуляція насіння нуту біологічним препаратом «Біомаг нут» підвищила показники насінневої продуктивності у середньому на 3,6–17,5%. Залежно від сорту препарат мав різний вплив на певні ознаки (висота рослин, кількість бобів і насінин на рослині, кількість насіння у бобі, маса насіння з рослини, маса 1000 насінин). Встановлено, що найбільшу частку впливу на урожайність нуту становив фактор сорту (57,2%), а фактор обробки насіння становив трохи меншу частку (33,4%). Найвищу урожайність нуту з передпосівною обробкою отримали в межах 2,04–2,26 т/га [6].

Передпосівна обробка насіння зернобобових культур біологічним препаратом Foliar Concentrate показала, що у всіх культур, які досліджувалися (нут, чина, сочевиця), підвищився такий показник, як дружність проростання насіння, а у нуту та сочевиці ще збільшилась і середня маса проростка. У машу цей препарат позитивно вплинув на швидкість проростання [7].

Вирощування ячменю ярого без застосування мінеральних добрив, а лише з передпосівною обробкою та підживленням у процесі вегетації у критичні періоди росту препаратами на основі гумінових речовин також показали позитивний ефект. Передпосівна обробка препаратом «1r Seed Treatment» сприяла підвищенню посівних властивостей на початкових етапах проростання. Енергія проростання збільшилась на 7%, лабораторна схожість на 8%, а середня маса проростків на 27% порівняно з контролем [8]. Встановлено, що проведення позакореневого підживлення стимулятором росту «4r Foliar Concentrate» тільки у фазу кущіння сприяє формуванню приросту врожаю в межах 4 ц/га – 11,7%, а сумісне застосування передпосівної обробки насіння та дворазове підживлення по листу дає змогу збільшити врожайність ячменю ярого на 7 ц/га – 20,5% [9]. Проведення функціональної діагностики у критичні фази розвитку дозволило виявити, що найкраще рослини ячменю були забезпечені елементами живлення на варіантах з максимальним удобренням (передпосівна обробка з позакореневим підживленням) [10].

Також встановлено, що чим вища забезпеченість ґрунту елементами живлення, тим нижча ефективність біологічних препаратів та навпаки [11]. Це, безперечно, дуже важливо у разі вирощування екологічно чистої продукції.

Проведені дослідження з визначення впливу суміші фунгіцидів з гуміновими препаратами Гуміфілдом та Фульвіталом Плюс показали позитивний ефект стосовно можливості зменшити норми витрати пестицидів на 15–20% та разом з тим підвищити врожайність ріпаку озимого на 25–30%. Також сумісне використання біологічних та хімічних препаратів на овочевих культурах (помідорах, огірках, капусті) за зниженої норми фунгіцидів на 20% дозволило збільшити врожайність на 13–19% [12]. А це, своєю чергою, – можливість для зменшення пестицидного навантаження на навколишнє середовище, а в перспективі і одержання екологічно безпечної продукції. **Мета** – визначити вплив біологічних препаратів «Ековіт-насіння» та «Біолан» на основні показники схожості, такі як: швидкість, дружність та енергія проростання, лабораторна схожість насіння гречки сортів Мальва та Українка.

**Матеріали та методика досліджень.** Для дослідження вибрано 2 сорти гречки української селекції, створені Національним науковим центром «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України» з рекомендованою зоною вирощування – Лісостеп.

Перший сорт – це Мальва (Malva) (рік реєстрації – 2015) з показниками якості зерна: маса 1000 зерен – 28–29 г, вирівняність зерна – 86–90%, вихід крупи – 72%, вміст білка – 14,7–15,1%.

Другий – сорт Українка (Ukrainka) (рік реєстрації – 1997) з показниками якості зерна: плівчастість – 21–22%, вирівняність зерна – 87,3–94,5%, вихід крупи – 75,0–77,5%. Показники якості цих сортів повністю відповідають класифікатору показників якості сортів, які проходять експертизу на придатність до поширення [13]. Два сорти є середньостиглими, висок врожайними та мають середні показники стійкості до посухи, вилягання, осипання, хвороб.

Для передпосівної обробки насіння гречки вибрано препарати українського виробництва: «Ековіт-насіння» та «Біолан». «Ековіт-насіння» – органічне добриво для обробки насіння перед посівом. Виготовлене з низинного торфу, який містить у своєму складі: гумінові кислоти – 27,7 г/л; фульвові кислоти – 6,3 г/л; калій – 15,6 г/л; фосфор – 8,7 г/л; азот – 0,3 г/л; залізо – 0,2 г/л; цинк – 0,06 г/л; нікель – 0,002 г/л; марганець – 0,003 г/л; кобальт – 0,004 г/л; мідь – 0,008 г/л у легкодоступній для рослин формі.

«Біолан» – біостимулятор біологічного походження, що виготовлений шляхом біотехнологічного вирощування на кореневій системі женьшеню грибів-мікроміцетів. Містить збалансовану суміш вільних жирних кислот, хітозану, фітогормонів, олігосахаридів, вітамінів, амінокислот та біогенних мікроелементів (К, Са, Mg, Fe, Na, Cu). Можна застосовувати як для обробки насіння рослин перед посівом, так і в обприскуванні їх у фазу вегетації.

Посівний матеріал високої якості – це запорука не тільки доброго врожаю, а ще і гарної якості. Найважливішими показниками якості насіння є схожість і енергія проростання [14].

Тому перш ніж досліджувати дію вибраних препаратів у польових умовах, проведено перевірку їх дії

на основні показники схожості насіння гречки в лабораторних умовах на кафедрі землеробства, ґрунтознавства та агрохімії Сумського національного аграрного університету.

Для обробки гречки брали 2 мл «Ековіт-насіння», розводили у 2 л води та обробляли цим розчином 200 г насіння обох сортів. У «Біолана» сильніша концентрація, тому цього препарату треба набагато менше, розводили 0,25 мл препарату у 100 мл води та обробляли цим розчином 10 кг насіння. Робочі розчини робили безпосередньо перед використанням, обробляли насіння та викладали на фільтрувальний папір у чашки Петрі, тримали у термостаті за 20°C. Контролем було насіння, оброблене водою.

Для визначення дружності та швидкості проростання щодня підраховували кількість насіння, яке проросло. Для визначення швидкості проростання підраховували середню кількість днів, необхідних для проростання; дружності проростання – середню кількість насінин, що проросла протягом однієї доби [15].

Протягом 10 днів щодоби підраховували кількість пророслого насіння та за формулою Піпера розраховували швидкість проростання насіння (діб):

$$A = K_1 \cdot S_1 + K_2 \cdot S_2 + \dots + K_m \cdot S_m / K_1 + K_2 + K_m,$$

де А – середня швидкість проростання насіння, діб;

К – кількість пророслих насінин за добу у дні підрахунку;

m – кінцевий день підрахунку;

S – строки проростання.

Дружність проростання розраховували за формулою:

$$D = C / P,$$

де D – дружність проростання, %;

C – кінцева схожість насіння, %;

P – кількість діб проростання.

Енергію проростання та схожість насіння гречки визначали в лабораторних умовах згідно із загальноприйнятою методикою [16].

Відомо, що відсоток одночасної появи сходів у польових умовах прямо пропорційно залежить від показника енергії проростання (поява нормально розвинених проростків за певний проміжок часу для кожної культури) в лабораторних умовах. Чим вища енергія проростання, тим дружніші і рівномірніші сходи [15].

Лабораторна схожість також визначається в ідеальних умовах проростання та має зазвичай дуже високі показники (95–98%). Чого не скажеш про польову схожість, яка завжди є меншою від лабораторної. Адже в полі неможливо спеціально створити дуже гарні умови для проростання насіння. Та все ж таки ці показники також взаємопов'язані і чим вища лабораторна схожість, тим краща і польова. Для проростання насіння в польових умовах велике значення мають температура та вологість. Тому що посів насіння навіть з високими показниками якості у непрогрітий ґрунт та з мінімальною вологістю призводить до появи нерівномірних сходів та, навпаки, висів того ж насіння у сприятливі умови дає дружні та рівномірні сходи [16].

Польову схожість визначали в умовах вегетаційного досліду на стаціонарному дослідному полі, закріпленому за кафедрою. Площа облікової ділянки становила 1 м<sup>2</sup>, повторність досліду – 4-кратна. Розміщення ділянок у досліді – рандомізоване. Гречку висівали широкорядним способом 45 см з нормою висіву 2 млн схожих насінин на 1 га.

Облік польової схожості проводили на закріплених ділянках за методикою, яка викладена В.О. Єщенко [16]. Польову схожість визначали шляхом підрахунку рослин на всіх варіантах і обраховували за формулою:

$$Пс = Ф \times 100 / Нв$$

де Пс – польова схожість, %;

Ф – фактична густина стояння рослин, тис. шт./га;

Нв – норма висіву насіння, тис. шт./га.

Отже, саме ці показники було використано для оцінки впливу біопрепаратів на ростові процеси насіння двох сортів гречки.

**Результати досліджень.** Обробка препаратами мала хоч і невеликий, але позитивний вплив на швидкість проростання насіння сортів гречки порівняно з контрольним зразком, де насіння було оброблено звичайною водою (табл. 1). Найбільший вплив був від препарату «Ековіт-насіння» на сорті Мальва (6%).

Стосовно дружності проростання, яка має тісний зв'язок із попереднім показником, то обробка препаратами тут мала значно більший вплив та на всіх варіантах мала суттєву різницю. У відсотках перевищення контролю було в межах 38–48%. Найкраще на обробку відреагував сорт Мальва, перевищення становило 45–48%.

Вплив препаратів на показники схожості насіння представлений у табл. 2.

Найбільший вплив біостимуляторів росту спостерігали у разі визначення лабораторної схожості. Причому на всіх варіантах з обробкою вона становила 100% і була вищою за контрольні варіанти на 5–6%.

За показником енергії проростання найбільший вплив був відзначений у сорту Українка на обох варіантах з обробкою і перевищення становило 7%. Але вищі показники за цим показником спостерігали у сорту Мальва.

Польова схожість була, як завжди, меншою за лабораторну, та результати впливу обробки мали суттєву різницю. Особливо це помітно на варіантах з передпосівною обробкою насіння препаратом «Ековіт-насіння» у обох сортів. Перевищення контролю за цим показником було в межах 4–6%.

**Висновки.** Отже, в результаті досліджень було встановлено, що передпосівна обробка насіння біологічними препаратами мала різний, але все ж таки позитивний вплив на формування посівних якостей у обох сортів гречки. Найбільший вплив препаратів проявлявся на показниках дружності проростання та схожості насіння. Тобто для підвищення посівних якостей насіння та отримання дружних і здорових сходів рослин потрібно проводити передпосівну обробку насіння гречки органічними стимуляторами росту «Ековіт-насіння» та Біолан. Наступним кроком досліджень є вивчення впливу цих препаратів на параметри продуктивності та врожай сортів гречки Мальва та Українка.

Таблиця 1

#### Особливості проростання насіння гречки, обробленого біологічними препаратами

| Варіанти досліді | Швидкість проростання (діб) | Дружність проростання (%/добу) |
|------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Мальва           |                             |                                |
| Контроль         | 3,5                         | 20,3                           |
| «Ековіт-насіння» | 3,3                         | 30,1*                          |
| Біолан           | 3,4                         | 29,5*                          |
| Українка         |                             |                                |
| Контроль         | 3,6                         | 22,7                           |
| «Ековіт-насіння» | 3,5                         | 33,2*                          |
| Біолан           | 3,5                         | 31,4*                          |

\* – істотна різниця на рівні значущості 0,05

Таблиця 2

#### Вплив біологічних препаратів на енергію проростання та схожість насіння

| Варіанти досліді | Енергія проростання, % | Лабораторна схожість, % | Польова схожість, % |
|------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|
| Мальва           |                        |                         |                     |
| Контроль         | 91                     | 95                      | 83                  |
| «Ековіт-насіння» | 96                     | 100*                    | 89*                 |
| Біолан           | 95                     | 100*                    | 87*                 |
| Українка         |                        |                         |                     |
| Контроль         | 87                     | 94                      | 82                  |
| «Ековіт-насіння» | 94                     | 100*                    | 87*                 |
| Біолан           | 94                     | 100*                    | 86*                 |

\* – істотна різниця на рівні значущості 0,05

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2001. 591 с.
2. Hacı Ö.Y., Nurcan Y.A., Çağdaş S.M. Buckwheat: A Useful Food and Its Effects on Human Health. *Current Nutrition & Food Science*. 2020. Vol. 16, Issue 1. P. 29–34. DOI: 10.2174/1573401314666180910140021.
3. Bezpal'ko, V.V., Stankevych, S.V., et al. Pre-sowing seed treatment in winter wheat and spring barley cultivation. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. № 10(6). P. 255–268. DOI: 10.15421/2020\_291.
4. Кислинська А.С., Халеп Ю.М. Економічна та біоенергетична ефективність комплексної передпосівної обробки насіння гречки Хетоміком та Діазобактерином. *Вісник аграрної науки. Зберігання та переробка продукції*. 2019. № 8(797). С. 73–79. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201908-12>.
5. Карпенко В.П., Питуляк Р.М., Даченко А.А. Продуктивність посівів гречки за дії біологічних препаратів. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2017. Вип. 90. Ч. 1. С. 14–22. URL: <http://lib.udau.edu.ua/bitstream/123456789/6288/1/pr12.pdf> (дата звернення: 10.10.2016).
6. Баган А.В., Шакалій С.М., Барат Ю.М. Формування насінневої продуктивності нуту залежно від сорту та інокуляції насіння. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 111. С. 14–21. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.111.2>.
7. Баган А.В., Юрченко С.О., Шакалій С.М. Формування посівних якостей насіння зернобобових культур залежно від стимулятора росту Foliar Concentrate. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 113. С. 3–9. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.113.1>.
8. Пшиченко Е.И. Влияние гуминовое препарата на посевные качества семян ячменя ярого. *Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрения* : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти ученых А.И. Горбылевой, Ю.П. Сиротина, В.И. Тюльпанова. г. Горки : БГСХА, 2019. Ч. 2. С. 75–76. URL: <http://repo.snau.edu.ua/bitstream/123456789/7403/1/1.pdf>.
9. Пшиченко О.І. Формування продуктивності ячменю ярого в умовах органічного землеробства. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка*. Харків, 2019. Вип. 199. С. 314–319. URL: <http://repo.snau.edu.ua:8080/xmlui/handle/123456789/7405>.
10. Пшиченко О.І. Функціональна діагностика живлення рослин ячменю ярого, оброблених гуміновими препаратами в умовах органічного землеробства. *Науковий журнал «Інженерія природокористування»*. 2021. 2(20), С. 7–15. URL: <http://dspace.khntusg.com.ua/handle/123456789/19135>.
11. Ярчук І.І., Мельник Т.В., Черних С.А. Технологічні якості та урожайність зерна пшениці твердої озимої залежно від застосування біологічно активних препаратів. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 2. С. 107–113. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.13>.
12. Борзих О.І., Круть М.В. Інновації з удосконалення хімічного захисту рослин. *Збірник наукових праць ЛОГОС, Strasbourg, République Française*. Vol. 1. 2020. С. 53–56. DOI: <https://doi.org/10.36074/30.10.2020.v1.17>.
13. Класифікатор показників якості ботанічних таксонів, сорти яких проходять експертизу на придатність до поширення. Вінниця : ТОВ «Твори», 2019. 17 с.
14. Tzortzakis N.G. Effect of pre-sowing treatment on seed germination and seedling vigour in endive and chicory. *Hort. Sci. Prague*. 36. 2009. (3). P. 117–125 DOI: <https://doi.org/10.17221/28/2008-HORTSCI>.
15. Гаврилюк М.М. Насінництво і насіннезнавство польових культур. Київ : Аграрна наука. 2017. 216 с.
16. Основи наукових досліджень в агрономії : підручник / В.О. Єщенко та ін. Київ : Дія, 2005. 288 с.

## REFERENCES:

1. Zinchenko O.I., Salatenko V.N. & Bilonozhko M.A. (2001). *Roslynnytstvo: pidruchnyk [Plant growing]*. Kyiv: Ahrarna osvita [in Ukrainian].
2. Hacı Ö.Y., Nurcan Y.A., Çağdaş S.M. Buckwheat: A Useful Food and Its Effects on Human Health. *Current Nutrition & Food Science*. 2020. Vol. 16, Issue 1. P. 29–34 DOI: 10.2174/1573401314666180910140021.
3. Bezpal'ko, V.V., Stankevych, S.V., et al. *Pre-sowing seed treatment in winter wheat and spring barley cultivation*. Ukrainian Journal of Ecology. 2020. № 10(6). P. 255–268. DOI: 10.15421/2020\_291.
4. Kyslynska A.S. & Khalep Yu.M. (2019). *Ekonomichna ta bioenerhetychna efektyvnist kompleksnoi pered-posivnoi obrobky nasinnia hrechky Khetomikom ta Diazobakterynom [Economic and bioenergetic efficiency of complex pre-sowing treatment of buckwheat seeds with Hetomic and Diazobacterin]*. Visnyk ahrarnoi nauky. Zberihannia ta pererobka produktsii [in Ukrainian].
5. Karpenko V.P., Prytuliak R.M. & Datsenko A.A. (2017). *Produktyvnist posiviv hrechky za dii biolohichnykh preparativ [Productivity of buckwheat crops under the action of biological preparations]*. Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho NUS [in Ukrainian].
6. Bahan A.V., Shakalii S.M. & Barat Yu.M. (2020). *Formuvannia nasinnievoi produktyvnosti nutu zalezno vid sortu ta inokuliatsii nasinnia [Formation of seed productivity of chickpeas depending on the variety and inoculation of seeds]*. Tavriiskiyi naukovyi visnyk [in Ukrainian].
7. Bahan A.V., Yurchenko S.O. & Shakalii S.M. (2020). *Formuvannia posivnykh yakosteï nasinnia zernobobovykh kultur zalezno vid stymuliatora rostu Foliar Concentrate [Formation of sowing qualities of legume seeds depending on the growth stimulant Foliar Concentrate]*. Tavriiskiyi naukovyi visnyk [in Ukrainian].
8. Pshychenko E.Y. (2019). *Vlyanye humynovoho preparata na posevnyie kachestva semian yachmenia yaroho [Influence of a humic preparation on the sowing qualities of barley seeds]*. Pryemyi povysheniya plodorodyia pochv y efektyvnosti udobreniya: materialyi Mezhdunarodnoi nauchno-prak. konferentsyy, posviashchennoi pamiaty uchenykh A.Y. Horbyilevoi, Yu.P. Syrotyna, V.Y. Tiulpanova. h. Horky: BHSHkA [in Russian].
9. Pshychenko O.I. (2019). *Formuvannia produktyvnosti yachmeniu yaroho v umovakh orhanichnoho zemlerobstva [Formation of productivity of spring barley in the conditions of organic agriculture]*. Visnyk Kharkivskoho

- natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva im. P. Vasylenka. Kharkiv [in Ukrainian].
10. Pshychenko O.I. (2021). *Funktsionalna diahnostyka zhyvlennia roslyn yachmeniu yaroho, obroblynykh huminovymy preparatamy v umovakh orhanichnoho zemlerobstva [Functional diagnostics of nutrition of spring barley plants treated with humic preparations in the conditions of organic agriculture]*. Naukovyi zhurnal "Inzheneriia pryrodokorystuvannia" [in Ukrainian].
  11. Yarchuk I.I., Melnyk T.V. & Chernykh S.A. (2021). *Tekhnologichni yakosti ta urozhainist zerna pshenytsi tvrdoi ozymoi zalezno vid zastosuvannia biolohichno aktyvnykh preparativ [Technological qualities and grain yield of winter durum wheat depending on the use of biologically active drugs]*. Visnyk Poltavskoyi derzhavnoyi aharnoyi akademii [in Ukrainian].
  12. Borzykh O.I. & Krut M.V. (2020). *Innovatsii z udoskonalennia khimichnoho zakhystu roslyn [Innovations to improve chemical plant protection]*. Zbirnyk naukovykh prats AOHOС, Strasbourg, République Française [in Ukrainian].
  13. *Klasyfikator pokaznykiv yakosti botanichnykh taksoniv, sorty yakykh prokhodiat ekspertyzu na prydatnist do poshyrennia [Classifier of quality indicators of botanical taxa, varieties of which are examined for suitability for distribution]*. (2019). Vinnytsia: TOV "Tvory" [in Ukrainian].
  14. Tzortzakis N.G. *Effect of pre-sowing treatment on seed germination and seedling vigour in endive and chicory*. Hort. Prague. 36. 2009. (3). P. 117–125. DOI: <https://doi.org/10.17221/28/2008-HORTSCI>.
  15. Havryliuk M.M. (2017). *Nasinnystvo i nasinnieznavstvo polovykh kultur [Seed production and seed science of field crops]*. Kyiv: Aharna nauka [in Ukrainian].
  16. Yeshchenko V.O. ta in. (2005). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii: pidruchnyk [Fundamentals of research in agronomy]*. Kyiv: Diia [in Ukrainian].

#### Пшиченко О.І., Радченко М.В. Формування посівних якостей насіння гречки залежно від передпосівної обробки

Насіння з високими посівними якостями завжди було в пріоритеті у аграріїв. Здорове насіння – це запорука гарних та дружних сходів, що своєю чергою дає дуже непогані ставки на отримання високого врожаю. Передпосівна обробка біологічними препаратами – це один зі шляхів до поліпшення посівних якостей насіння. Тому **мета** досліджень – визначити вплив передпосівної обробки насіння біологічними стимуляторами росту українського виробництва «Ековіт-насіння» та «Біолан» на формування саме посівних якостей насіння двох сортів гречки Мальва та Українка. **Методи.** В лабораторних та польових умовах було закладено двофакторний дослід у чотирикратній повторності. Протягом семи діб велись спостереження за насінням та проводились розрахунки основних показників, до яких належать: швидкість, дружність та енергія проростання, лабораторна і польова схожість. У **результаті** проведених досліджень встановлено позитивний вплив обох препаратів

на ці показники у обох сортів. Швидкість проростання від препарату «Ековіт-насіння» підвищилась у сорту Мальва на 6%. Суттєве перевищення контрольних варіантів спостерігали у разі вивчення впливу на показники дружності проростання (збільшення на 45–48%). Найбільший вплив біостимуляторів росту спостерігали у разі визначення лабораторної схожості. При чому на всіх варіантах з обробкою вона становила 100% і була вищою за контрольні варіанти на 5–6%. Також можна відзначити, що обробка препаратами сприяла і підвищенню польової схожості насіння гречки у середньому на 4–6%. **Висновки.** Отже, для отримання дружних і здорових сходів рослин можна рекомендувати передпосівну обробку насіння гречки української селекції органічними стимуляторами росту «Ековіт-насіння» та Біолан. Найбільший вплив препаратів проявлявся на показниках дружності проростання та схожості насіння.

**Ключові слова:** стимулятори росту, енергія проростання, лабораторна та польова схожість, швидкість та дружність проростання, якість насіння.

#### Pshychenko O.I., Radchenko M.V. Formation of sowing properties of buckwheat seeds depending on pre-sowing treatment

Seeds with high sowing properties have always been a priority among farmers. Healthy seeds are the key to good and friendly shoots, which in turn gives very good rates for obtaining a high yield. Pre-sowing treatment with biological preparations is one of the ways to improve the sowing properties of seeds. Therefore, **the purpose** of the research was to determine the influence of pre-sowing treatment of seeds with biological growth stimulants of Ukrainian production "Ekovit-seeds" and "Biolan" on the formation of sowing properties of seeds of two varieties of buckwheat Malva and Ukrainka. **Methods.** In the laboratory and field conditions, a two-factor experiment was laid in a quadruple re-production. Seeds were observed for seven days and basic indicators were calculated. These include: quality, friendliness and energy of germination, laboratory and field germination. As the results of studies, there was determinate a positive effect of both of these indicators to both varieties. The germination rate of the preparation "Ekovit-seeds" increased in the variety Malva by 6%. A significant excess of control options was observed when studying the impact on germination friendliness indicators (an increase of 45–48%). The greatest influence of growth biostimulants was observed in determining laboratory similarity. Moreover, on all options with processing, it was 100% and was 5–6% higher than the control options. It can also be noted that the treatment with preparations contributed to an increase in the field germination of buckwheat seeds by an average of 4–6%. **Conclusions.** So, in order to obtain friendly and healthy seedlings of plants, it is possible to recommend pre-seed treatment of buckwheat seeds of Ukrainian selection with organic growth stimulants "Ekovit-seeds" and Biolan. The greatest effect of the preparations appeared in the indicators of germination friendliness and seed germination.

**Key words:** growth stimulants, germination energy, laboratory and field germination, germination rate, germination friendliness, seed quality.

## ОЦІНКА АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ПІСЛЯЖИВНОГО ПЕРІОДУ СУХОСТЕПОВОЇ ПРИРОДНО-СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ

**РУДІК О.Л.** – доктор сільськогосподарських наук, доцент,

провідний науковий співробітник

[orcid.org/0000-0003-1384-5523](https://orcid.org/0000-0003-1384-5523)

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

**СЕРГЄЄВ Л.А.** – кандидат сільськогосподарських наук,

заступник директора з науково-виробничої роботи

[orcid.org/0000-0003-4169-8938](https://orcid.org/0000-0003-4169-8938)

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

**РИМАР Д.Є.** – директор

[orcid.org/0000-0002-2627-8348](https://orcid.org/0000-0002-2627-8348)

Державне підприємство «Дослідне господарство «Еліта» Державної установи

«Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна станція» Інституту

зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України»

**ЧУГАК В.В.** – агроном

[orcid.org/0000-0003-2546-0487](https://orcid.org/0000-0003-2546-0487)

Державне підприємство «Дослідне господарство «Еліта» Державної установи

«Миколаївська державна сільськогосподарська дослідна станція» Інституту

зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України»

**Постановка проблеми.** Для ефективного функціонування сучасного інтенсивного землеробства надзвичайно важливою є комплексна агрокліматична оцінка наявного ресурсного потенціалу. Зростання потреби у рослинницькій продукції, здорожчання ресурсів та усвідомлення їх обмеженості посилюють значення таких наукових досліджень, оскільки вони є основою для прийняття рішень щодо підвищення результативності, ефективності та екологічності аграрного виробництва. Оцінка агрокліматичних ресурсів досить складна як природно зумовленою динамічністю та невизначеністю, так і кліматичними змінами, які спостерігаються в останні десятиліття на глобальному і регіональному рівнях [1; 2]. Інтерес саме до післяживного періоду зумовлений великими можливостями, забезпеченими наявністю значних площ зрошення в межах Сухостепової та Сухой посушливої природно-сільськогосподарських зон України, які також мають найбільші теплові ресурси [3]. При цьому високим є і відсоток культур, що частково використовують вегетаційний період. Тому після збирання основної культури залишається значна кількість днів та сум активних температур, придатних для вегетації великого переліку культур кормового, зернового та сидерального призначення. Їх запровадження є значним резервом підвищення продуктивності та стабільності зрошуваних земель [4].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Наукові роботи щодо оцінки агрокліматичного потенціалу територій та відповідності умов вирощуванню польових культур проводили багато вчених, серед яких – В.П. Дмитренко, В.О. Жуков, П.Х. Каринг, З.О. Міщенко, В.М. Обухов, А.Н. Полевой, Ю.Л. Раунер, В.А. Смирнов, О.П. Федосєєв, Д.І. Шашко та інші. У зоні проведення досліджень була дана оцінка агрокліматичним ресурсам з позиції вирощування зернових, олійних, овочевих та плодівих культур [5; 6; 7]. Однак увага післяживному

періоду приділена недостатня, особливо зважаючи на загальні тенденції глобальних кліматичних змін. У разі прояву сукупної дії факторів середовища вагомість будь-якого агрокліматичного показника в житті рослин є нерівнозначною, що потребує системного аналізу кожного та їхньої взаємної дії, що вимагає комплексного підходу.

Сухостепова зона, всупереч обмеженості вологи, перебуває у найбільш сприятливих умовах щодо забезпечення тепловими ресурсами, тривалості вегетації порівняно з іншими природно-сільськогосподарськими зонами. У цій зоні тривалість вегетаційного періоду у середньому становить 233 доби, із межами коливань від 191 до 275 дів. Із ймовірністю 75% тривалість періоду із температурою повітря більше 5 та 10°C становить відповідно 213 та 176 дів, а сума позитивних температур повітря – 3575 та 3050°C [8].

У таких агрокліматичних регіонах завдяки забезпеченості тепла за наявності поливу є можливість після збирання однієї культури отримати у цьому ж році повноцінний врожай наступної культури короткого періоду вегетації або циклу вирощування [9].

Такі культури називають проміжними і їх вирощують в інтервалі часу, вільного від вирощування основних культур сівозміни, залежно від часу збирання попередника як післяякісні або післяживні посіви. Такі технології мають досить результативну та тривалу практику застосування [10; 11].

Однак їх ефективне застосування у сучасних системах землеробства потребує високого наукового, технологічного та організаційного забезпечення [12].

Проміжні культури широко використовують на зелений корм, сінаж, силос, сіно, для поповнення балансу органічної речовини як зелених добрив у зонах достатнього вологозабезпечення та у разі зрошення [13; 14; 15]. Такі посіви істотніше залежать від погодних умов

порівняно з весняними посівами, зважаючи на менші запаси вологи та поживи в ґрунті, оскільки завжди мають обмеженість вегетаційного періоду. Проте завдяки сучасним селекційним досягненням у напрямі створення ранньостиглих сортів та гібридів виникли можливості отримувати повноцінний урожай зерна, технічних культур та овочів.

**Метою досліджень** є комплексна оцінка агрокліматичних ресурсів післяжнивного періоду Сухостепової зони України з позиції його використання у вирощуванні різних груп сільськогосподарських культур із урахуванням поточних кліматичних змін. Об'єктом дослідження є агрокліматичні ресурси післяжнивного періоду Півдня України, що характеризуються сукупністю агрокліматичних факторів, які визначають умови росту й розвитку рослин та формування продуктивності.

**Матеріали та методика досліджень.** Робота виконана на основі комплексного підходу із використанням монографічного, аналітичного, порівняльного та статистичних методів, методів аналізу часових рядів. Джерелом вихідної інформації були результати спостережень мережі гідрометеорологічних та агрометеорологічних станцій України. Аналіз динаміки агрокліматичних умов проводився шляхом порівняння середніх багаторічних характеристик агрометеорологічних показників. Базовими були метеорологічні значення за період 1961–1990 рр., що рекомендовано Всесвітньою метеорологічною організацією як кліматична норма.

**Результати досліджень.** Одним з найбільш складних питань оцінки клімату для рослинництва є процеси тепло- та вологообміну у системі ґрунт–рослина–атмосфера, де відбуваються біофізичні та фізіологічні процеси. Через це необхідно враховувати вимоги рослин до навколишнього середовища: суми температур повітря, граничні, середні та критичні їх значення, потребу у волозі. Вибір культур, сорту або гібриду базується на визначенні складу та правильного розміщенні проміжних культур відповідно до агрокліматичних умов зони. Йдеться про відповідність біологічних вимог таких культур поточним погодним умовам, що містить певний ймовірнісний складник та потребує коригування окремих елементів у технології вирощування культур [16].

На наш погляд, система наукового обґрунтування та оцінки післяжнивного періоду повинна охоплювати: визначення термінів початку та завершення періоду з урахуванням особливостей культур сівозмінної послідовності; характеристику радіаційно-світлових ресурсів зазначеного періоду; аналіз динаміки термічних ресурсів та їх відповідності поточним фазам росту і розвитку рослин; особливостей умов зволоження ґрунту та вологозабезпеченості потреб культур впродовж вегетації; формулювання і оцінки ризиків та несприятливих погодних явищ.

У переліку факторів та умов життя післяжнивного періоду головними показниками є вимоги рослин щодо тепла, світла та вологи, за якими доцільно проводити оцінку післязбирального періоду. При цьому проблемним питанням є визначення можливих меж післяжнивного періоду. Складність проблеми зумовлена як варіантами вибору можливого попередника, так і різним в окремі

роки періодом їх збирання та завершенням вегетації проміжної культури. Культури, що висіяні у післяжнивні терміни, потрапляють у погодні умови, які стабільно погіршуються через зниження температури повітря, скорочення тривалості дня, зменшення приходу ФАР.

Оскільки у структурі посівів на зрошенні серед потенційних попередників найбільшою є частка пшениці озимої, саме такий варіант є базовим та потребує першочергової уваги. За даними метеорологічних спостережень (1986–2005 рр.), у Херсонській області повна стиглість пшениці озимої настає у середньому 3 липня із граничними коливаннями від 20 червня до 17 липня. Тому є підстави в розрахунках початок липня розглядати як дату середньозваженого початку післяжнивного періоду.

Необхідно зважати і на поточні зміни клімату. Так, за прогностичним сценарієм GFDL-30% стаціонарної моделі Лабораторії геофізичної гідродинаміки США впродовж наступних 10–20 років у Південному степу очікується зсув строків збирання пшениці озимої до третьої декади травня, що беззаперечно принципово вплине на її цінність як попередника у напрямі зростання [17; 18]. Важливо, що для Сухостепової та Сухої посушливої природно-сільськогосподарських зон усі сценарії моделі демонструють збільшення тривалості періоду із температурами вище 10 та 15°C, а також суми активних температур [19].

Більш складним є питання завершення післяжнивного вегетаційного періоду. Воно повинне розглядатися із позиції біологічних потреб потенційних післяжнивних культур. Відомо та широко представлено, що для нормального проходження окремих фаз росту та розвитку рослини потребують певної суми температур вище біологічного мінімуму. Проте питання щодо значень для фаз формування репродуктивних органів та дозрівання в науковій літературі відображено не досить. Для однорічних кормових культур, що використовуються на зелений корм, біологічний мінімум для появи сходів та завершального періоду становить 5°C, за винятком теплолюбних, як наприклад кукурудза, для якої такою є температура 10°C. Тому їх потреби повністю задовольняються умовами проміжного вирощування [20; 21].

Однак більший практичний інтерес являють культури, що здатні формувати врожай основної продукції – просо, гречка, соя, соняшник та деякі інші, хоча вони потребують більшої кількості агрокліматичних ресурсів. За даними В.М. Степанова, оптимальною для їх проростання є температура 15–18°C, а соняшнику – 9–12°C, що цілком відповідає значенням терміну післяжнивної сівби. Тому у літніх посівах обмежувачим буде виступати фактор часу – звільнення поля від попередника, підготовка ґрунту та сівби. При цьому за наявності вологи поява сходів прискориться до 5–7 діб. Принципово іншими є умови пізнього генеративного періоду. За даними того ж автора, всі зазначені культури належать до IV класу за величиною біологічного нуля із мінімальною температурою в період дозрівання 12–10°C. Це є підставою визначення температури 10°C нижньою межею для встановлення тривалості післяжнивного періоду [22; 23].

На нашу думку, важливим і не досить врахованим у попередніх дослідженнях фактором негативного впливу є настання першого заморозку. Такі культури, як просо, соя, соняшник, гречка, є малостійкими за ступенем морозостійкості і їх часткове пошкодження у фазу молочної стиглості спостерігається за рівня температур  $-2 \dots -3^{\circ}\text{C}$  [24].

Так, рослини сої досить легко переносять осінні приморозки до  $-3^{\circ}\text{C}$ , які не мають негативного впливу на врожай насіння, однак приморозки

$-4,0 \dots -4,5^{\circ}\text{C}$  призводять до сильного пошкодження, а листки, квітки та боби гинуть [25].

За даними Херсонського обласного центру з гідрометеорології, у середньому датою настання заморозку в повітрі є 19 жовтня, а крайніми термінами цього явища є 29 вересня та 1 листопада. Для успішного вирощування післяжнивних культур з метою отримання основної продукції ці терміни повинні бути межею періоду фізіологічного дозрівання культури та початку фізичного зневоднення рослин. Індикатором вірогідності настання заморозку може виступати температура повітря. За даними дослідження І.А. Гольцберга, за середньодаканої температури повітря  $10^{\circ}\text{C}$  вірогідність осінніх заморозків до  $-2^{\circ}\text{C}$  становить 3%, а у разі зниження температури до  $5^{\circ}\text{C}$  зростає до 44%, тоді як сильних заморозків ( $-3 \dots -5^{\circ}\text{C}$ ) досягає 12% [26].

На жаль, у відкритому доступі відсутня метеорологічна інформація щодо фактичних меж післяжнивних періодів та негативних явищ, які дозволяли б провести більш точний аналіз. Осінні приморозки менше шкодочинні для рослини, ніж весняні, оскільки восени температура знижується повільно, і рослини поступово пристосовуються до понижених температур.

Численними дослідженнями встановлено, що середня температура повітря зростає, внаслідок чого в атмосфері відбувається зміна глобальних процесів перенесення тепла і вологи та розподілу ресурсів. Це має глибокі наслідки для зміщення кліматичних сезонів, зміни тривалості вегетаційного періоду, формування снігового покриву, функціонування агроценозів [27].

В Україні середня річна температура повітря підвищилася на  $1,2^{\circ}\text{C}$  за тридцять останніх років, а показник суми активних (позитивних) температур повітря вище  $+10^{\circ}\text{C}$  збільшився на  $200\text{--}400^{\circ}\text{C}$ . Унаслідок цього в південних районах Херсонської, Миколаївської, Одеської та Запорізької областей сформувалася ізотермічна зона із сумою температур більше  $3400\text{--}3700^{\circ}\text{C}$  [28].

Прогнозується, що вегетаційний період і надалі буде наставати раніше, триватиме довше, що сприятиме збільшенню продуктивності рослинництва, що дозволить вирощувати по два врожаї деяких культур за умови зрошення [29].

Зміні метеорологічних показників притаманна певна циклічність. Встановлено два основних періоди зміни температури атмосферного повітря із 1945 по 1988 рр. та із 1989 по нинішній час та три цикли змін щодо атмосферних опадів із 1945 по 1970 рр., із 1971 по 1995 рр. та такий, що розпочався в 1996. Вони характеризуються індивідуальними циклічними особливостями часових процесів [30].

Тому одним із основоположних підходів у аналізі тенденції зміни агрокліматичних умов є порівняння багаторічних середньомісячних температур повітря з опорними значеннями, яким був визначений період 1961–1990 рр., що розглядався як кліматична норма. Наступний тридцятирічний період (1991–2020) був виражено теплішим протягом кожного із сезонів. Найбільшою була різниця впродовж січня–березня, із перевищенням на  $+1,17\text{--}1,56^{\circ}\text{C}$ , та червня–жовтня, де перевищення становило  $+1,03\text{--}1,96^{\circ}\text{C}$  (у середньому за рік перевищення становило  $+1,1^{\circ}\text{C}$ ) (табл. 1).

Підвищення температур мало загальний стійкий характер, про що свідчать дані за десятирічні цикли. У період із 1991 по 2020 рр. впродовж кожного десятирічного циклу середньорічна температура повітря зростала із 10,1 до 11,0 та  $11,7^{\circ}\text{C}$ . Аналіз свідчить, що вищими темпами впродовж років досліджень зростає температура післяжнивного періоду: липня–вересня на  $1,85; 1,96$  та  $1,04^{\circ}\text{C}$ .

Таблиця 1

**Середньомісячна температура повітря та відхилення значень в окремі періоди,  $^{\circ}\text{C}$  (за даними метеостанції м. Херсон)**

| Місяць | Періоди, рр. |           |           |           |           | Середнє відхилення річних значень |           |
|--------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------------------|-----------|
|        | 1961–1990    | 1991–2020 | 1991–2000 | 2001–2010 | 2011–2020 | 1961–1990                         | 1991–2020 |
| I      | -2,97        | -1,65     | -1,96     | -1,47     | -1,51     | 2,70                              | 1,91      |
| II     | -1,79        | -0,62     | -1,06     | -0,7      | -0,11     | 2,40                              | 2,27      |
| III    | 2,51         | 4,06      | 3,06      | 4,24      | 4,89      | 1,97                              | 1,74      |
| IV     | 10,0         | 10,6      | 10,3      | 10,4      | 11,2      | 1,65                              | 1,22      |
| V      | 16,0         | 16,7      | 15,7      | 16,7      | 17,8      | 1,38                              | 1,58      |
| VI     | 19,9         | 21,2      | 20,5      | 20,9      | 22,3      | 1,17                              | 1,29      |
| VII    | 21,9         | 23,8      | 23,0      | 24,0      | 24,3      | 1,12                              | 1,26      |
| VIII   | 21,3         | 23,3      | 22,0      | 23,6      | 24,2      | 1,27                              | 1,30      |
| IX     | 16,4         | 17,5      | 16,1      | 17,5      | 18,7      | 1,00                              | 1,50      |
| X      | 9,85         | 10,9      | 10,5      | 10,9      | 11,3      | 1,34                              | 1,29      |
| XI     | 4,44         | 4,68      | 3,25      | 5,69      | 5,1       | 1,61                              | 1,84      |
| XII    | 0,13         | 0,43      | -0,47     | 0,12      | 1,63      | 1,68                              | 2,10      |



Оскільки погодним умовам притаманна значна випадковість, доцільно більш детально проаналізувати особливості коливання середньомісячної температури повітря впродовж післяжнивного періоду (табл. 2).

На противагу величинам середніх значень спостерігається істотне розсіювання температур. Так, у жовтні за середніх значень температури повітря 10,9°C коливання в окремі роки становили від 7,9 до 15,5°C, а у жовтні – від -3,3 до 10,5°C. Тобто в окремі роки температурний режим був нижчим біологічного мінімуму, а тому припинення активної вегетації може відбутися в жовтні.

Оцінка стабільності забезпечення зазначеного періоду тепловими ресурсами проведена із використанням показника стійкості кліматичних умов ( $K_c$ ) [31]. Коефіцієнт розраховується як частка різниці середнього і мінімального значень вибірки показників та амплітуди величини, помножену на 10. Усі розраховані нами значення перебувають у межах градації від 3,1 до 6,0, що за шкалою оцінювання відповідає задовільному рівню.

Важливо, що впродовж метеорологічно літніх місяців – серпня і вересня – більше 50% років були із температурою, що перевищує середньомісячне значення.

Оцінка агрокліматичних ресурсів території також проводилася за такими показниками теплозабезпеченості, як суми активних та ефективних температур. Представлені розрахунки виконані на підставі біологічного мінімуму періоду дозрівання +10°C, що було обґрунтовано в попередніх дослідженнях [32].

За поточними значеннями температур були змодельовані сценарії мінімального та максимального температурного режиму (рис. 1). На рисунку представлені математичні моделі динаміки температур зазначених сценаріїв та розраховані відповідні їм суми активних температур. За цими результатами межами суми температур післяжнивного періоду є досить широкий діапазон значень 1680–3060°C.

Він свідчить про багатоваріантність вибору культур та технологій їх вирощування – від кормових, які потребують найкоротшого періоду та обмежених теплових ресурсів, до зернових, технічних як найбільш вибагливих. Однорічні кормові культури набувають укісної стиглості через 60–90 днів, а мінімально необхідна сума тепла коливається від 1000°C, у найбільш холодостійких культур до 1400°C у більш теплолюбних.

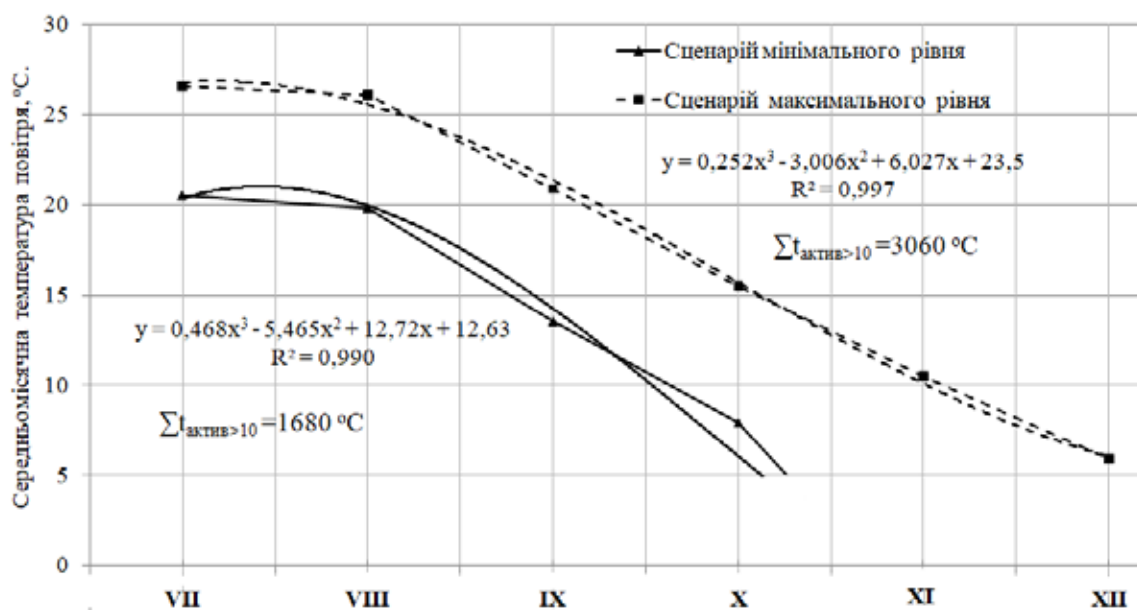


Рис. 1. Прогнозована забезпеченість ресурсами тепла післяжнивного періоду на основі даних за 1991–2020 рр.

Таблиця 2

Характеристика температурних умов післяжнивного періоду  
(за даними метеостанції м. Херсон, 1991–2020 рр.)

| Місяць | Середньомісячна температура повітря, °C. |         |             | Коефіцієнт стійкості ( $K_c$ ) | % років більше середнього |
|--------|------------------------------------------|---------|-------------|--------------------------------|---------------------------|
|        | мінімальна                               | середня | максимальна |                                |                           |
| VII    | 20,5                                     | 23,8    | 26,6        | 5,4                            | 46,7                      |
| VIII   | 19,8                                     | 23,3    | 26,1        | 5,5                            | 53,3                      |
| IX     | 13,5                                     | 17,5    | 20,9        | 5,4                            | 53,3                      |
| X      | 7,9                                      | 10,9    | 15,5        | 3,9                            | 40,0                      |
| XI     | -3,3                                     | 4,7     | 10,5        | 5,8                            | 53,3                      |
| XII    | -6,2                                     | 0,4     | 5,9         | 5,5                            | 56,7                      |

Для формування другого врожаю гречки та проса необхідно близько 70 днів вегетації із сумою активних температур  $1500^{\circ}\text{C}$ , а соняшнику і сої – 90 днів та відповідно понад 1900 й  $2100^{\circ}\text{C}$  [33].

Хоча суми температур через їх нестабільність формують загальну уяву, вони цілком обґрунтовано узгоджують потребу рослин у теплі та потенційні теплові ресурси вегетаційного періоду, які забезпечені кліматом. Вони свідчать про достатність у Сухостеповій зоні теплових ресурсів для отримання у післяжнивному періоді другого врожаю основної продукції ранньостиглих сортів гречки, проса, сої та соняшнику.

Фотосинтез є фундаментальним серед інших взаємозалежних фізіологічних процесів, у ході яких відбувається формування урожаю. Фотосинтез і ріст – це взаємопов'язані процеси, енергетичною основою яких є надходження та використання ФАР. За даними І.М. Гойси та В.П. Дмитренка, для отримання повноцінного врожаю проса, сої та соняшнику сума фотосинтетичної радіації повинна перевищувати  $33,4\text{--}36,5\text{ МДж/м}^2$  [34].

Швидкість фотосинтезу як енергетичної основи формування врожаю прямо пропорційна інтенсивності ФАР. Однак вона повинна перебувати в певних межах – від компенсаційного рівня до рівня насичення. Компенсаційною точкою вважається таке значення ФАР, коли кількість утвореної внаслідок фотосинтезу органічної речовини дорівнює кількості речовини, яка необхідна рослинам для життєдіяльності. Рівнем насичення називається кількість ФАР, відколи збільшення сонячної радіації не викликає збільшення фотосинтезу. За сучасними теоріями такими межами є відповідно  $25\text{--}35$  та  $250\text{--}350\text{ Вт/м}^2$  [35].

Середні багаторічні значення таких метеорологічних показників за визначений календарний період, попри певну їх нестабільність, досить об'єктивно характеризують клімат. Аналіз умов зони свідчить, що середні багаторічні значення ФАР навіть вересня та жовтня повністю відповідають потребам культур, оскільки перебувають у межах, близьких до оптимальних значень  $185$  та  $125\text{ Вт/м}^2$ .

В умовах Сухостепової зони тривалість світлового дня за післяжнивний період із значеннями активних температур становить близько 1000 годин, впродовж яких надходження ФАР становить  $1110\text{ МДж/м}^2$ . Такої кількості за результатами розрахунків досить для формування біологічної маси  $10\text{--}15\text{ т/га}$ .

В умовах посилення посушливості спостерігається зростання сумарної радіації за рахунок збільшення прямої сонячної радіації, а також суттєво підвищується тривалість сонячного сяйва [36].

Оскільки умови освітлення є одним із вирішальних чинників для вирощування сільськогосподарських культур осіннього періоду, їх покращення позитивно впливає на формування площі листової поверхні та накопичення загальної сухої біомаси [37; 38]. Виявлені тісні математичні зв'язки між показниками сонячної радіації та продукційними процесами рослин, що дозволяє в умовах зрошення за допомогою сучасних інформаційних систем CROPWAT 8.0 проводити моделювання продукційних процесів сільськогосподарських культур [39].

Значення радіаційно-світлових ресурсів виходить за рамки лише формування біологічної маси та величини врожаю. Кількість та спектр сонячної радіації впливають на фізіологічні процеси, хімічний склад рослин, споживчі та технологічні показники продукції. Відомо, що кількість олії у насінні соняшнику і білку в зерні зростає зі збільшенням сонячної радіації [40].

Відомо, що соя є типовою рослиною короткого дня, для росту і розвитку якої тривалість дня повинна становити  $13\text{--}16$  годин. Однак у окремих сортів сої відзначено нетипову реакцію на тривалість дня. Фотоперіодизм сорту зумовлений його походженням. Для південних, переважно пізньостиглих, притаманна короткоденність, тоді як сорти північного походження, які більш ранньостиглі, мають менш виражену короткоденність. Спеціальним селекційним доббором створено сорти сої з нейтральною та слабкою реакцією на тривалість дня, що сприяє вирощуванню цієї культури в післяжнивних посівах [41].

Соняшник, як і просо, також є рослиною короткого дня, унаслідок чого змінюється тривалість їх міжфазних періодів. За даними польових досліджень, у проміжних посівах у соняшника відбувається деяке скорочення періоду вегетативного та раннього генеративного розвитку, однак формування насіння та дозрівання культури протікає значно повільніше, що затягує період вегетації [42].

Просо у разі переміщення на північ також суттєво подовжує вегетацію. На укороченому до  $8\text{--}10$  годин світловому дні розвиток його прискорюється, а на довгому, до  $15\text{--}18$  годин, уповільнюється. У проміжних посівах скорочення періоду вегетації проса становило  $2\text{--}4$  дні [43; 44].

За даними наших попередніх досліджень, цвітіння ранньостиглих сортів сої та проса розпочинається за довжини дня близько 14 годин та приходом ФАР  $28\text{ КДж/см}^2$ , що відповідає біологічним потребам культури (рис. 2). На час цвітіння ранньостиглих гібридів соняшнику довжина дня скорочується до 12 годин, а приход ФАР зменшується до  $24\text{ КДж/см}^2$ , що за даними відомих наукових досліджень є у зоні обмеження.

Аналіз режиму тривалості сонячного сяйва та надходження фотосинтетично активної радіації дають змогу зробити висновок про доцільність вирощування культур із коротким періодом використання в післяжнивний період. Головною вимогою є відповідність біології культури та сортових особливостей умовам післяжнивного періоду.

Дефіцит ґрунтової вологи у вегетаційний період можна вважати головним фактором, який обмежує врожайність та можливість вирощування культур у межах Сухостепової та Сухой посушливої природно-сільськогосподарських зон України. Однак локації найбільш сприятливі для проміжних посівів щодо ресурсів тепла є надзвичайно обмеженими щодо надходження опадів. Порівняння поточного та базового періодів свідчить про збільшення їх кількості у абсолютних значеннях із 437 до 442 мм. Однак таке коливання ( $5\text{ мм}$ ) є незначним та досягає лише  $1,1\%$ . За післяжнивний період кіль-

кість опадів, навпаки, зменшилася на 5,1% – із 231 до 219 мм (табл. 3).

Забезпечення посівів за рахунок лише опадів характеризується значною випадковістю. Найменша кількість опадів за цей період становила 91 мм, у разі мінімального рівня надходження їх в окремі місяці від 0 до 6 мм, а найбільша становить 387 мм від 73 до 166 мм, що надходить у вигляді злив.

Коефіцієнт стійкості щодо надходження опадів у окремі місяці коливається в межах від низького до задовільного. Здебільшого частка років із перевищенням середньомісячної норми опадів є низькою – 30,0–43,3%. Це зумовлено рясними опадами липневого характеру надходження, ефективність яких до того ж є невисокою. Винятком є вересень, коли вологозабезпечення є більш рівномірним, а така частка опадів досягала 53,3%.

За даними В.В. Медведєва, оптимальними умовами вирощування вибагливих культур, таких як соя та соняшник, є наявність у метровому шарі ґрунту запасу продуктивної вологи більше 160 мм, допустимою є наявність 100–160 мм, а недопустимою – менше 100 мм [45].

Проте вирощування попередника супроводжується споживанням вологи, внаслідок чого запаси на час збирання навіть в умовах зрошення є мінімальними, на середньому рівні для зони 3–40 мм, хоча у разі зрошення може досягати 50–120 мм. При цьому шар ґрунту 0,2 м забезпечений запасами продуктивної вологи переважно на рівні 10–15 мм. Розрахунки середніх багаторічних значень евапотранспірації, який був проведений за однією із найбільш придатних методик, запропонованих Л. Турс (1961), свідчить про зменшення впродовж післязимоного періоду із 48,1 мм у липні до 15,2 мм у жовтні.

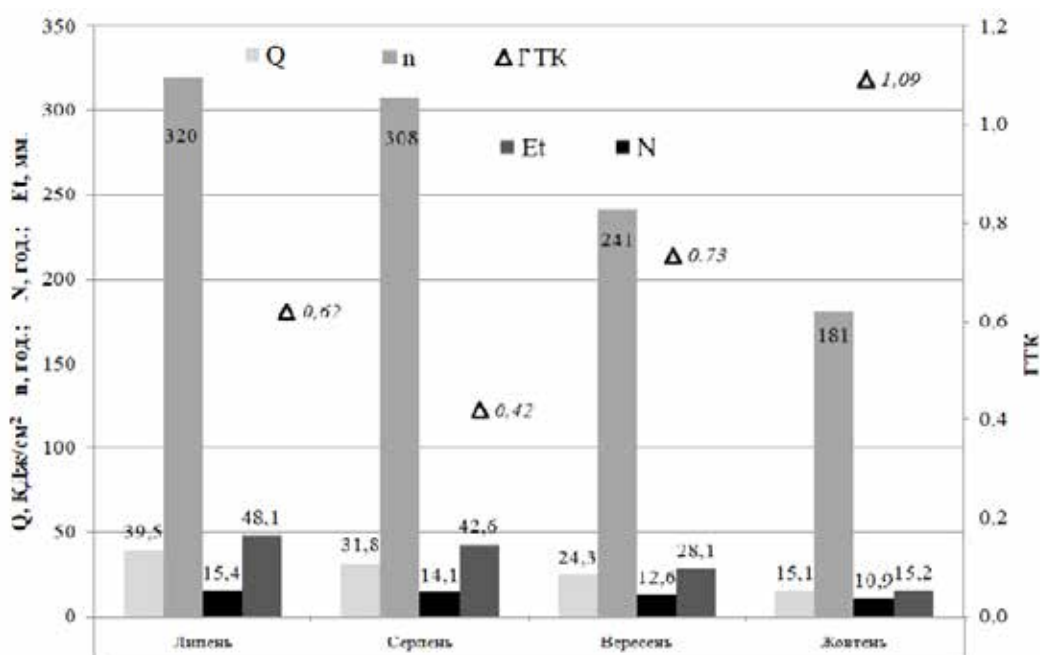


Рис. 2. Агрокліматичні показники післязимоного періоду: ФАР (Q, МДж/м²); тривалість сівки (n, годин); довжина світлового дня (N, годин); евапотранспірація (Et за методикою Л. Турс, мм); гідротермічний коефіцієнт (ГТК) на основі даних за 1991–2020 рр.

Таблиця 3

Динаміка місячної кількості опадів та особливостей їх розподілу, мм (за даними метеостанції м. Херсон)

| Місяць    | Середньомісячна кількість опадів за період, мм |           |         |           | Коефіцієнт стійкості (K <sub>c</sub> ) | % років більше середнього |
|-----------|------------------------------------------------|-----------|---------|-----------|----------------------------------------|---------------------------|
|           | 1961–1990                                      | 1991–2020 |         |           |                                        |                           |
|           | середня                                        | найменша  | середня | найбільша |                                        |                           |
| VII       | 48,8                                           | 2         | 44,2    | 137       | 3,1                                    | 36,7                      |
| VIII      | 41,5                                           | 0         | 29,3    | 120       | 2,4                                    | 30,0                      |
| IX        | 39,5                                           | 0         | 38,5    | 149       | 2,6                                    | 43,3                      |
| X         | 27,4                                           | 6         | 35,6    | 134       | 2,3                                    | 43,3                      |
| XI        | 34,9                                           | 1         | 33,6    | 73        | 4,5                                    | 53,3                      |
| XII       | 38,6                                           | 2         | 37,6    | 166       | 2,2                                    | 36,7                      |
| За рік    | 437                                            | 276       | 442     | 685       | 4,1                                    | -                         |
| За період | 231                                            | 91        | 219     | 387       | 4,3                                    | -                         |

Однак у разі вирощування культур унаслідок зрощення фактична евапотранспірація набуватиме інших значень і надходження опадів є недостатнім для забезпечення потреби рослин. Тому вологозабезпечення післяжнивних посівів повинно повністю базуватися на штучному зволоженні, навіть у сприятливі роки, зважаючи на потребу у рівномірному та стабільному забезпеченні рослин цим фактором життя. Обов'язковим елементом технології є проведення передпосівного або сходовикликаючих поливів.

**Висновки.** Аналіз агрокліматичних ресурсів Сухостепової природно-сільськогосподарської зони України, представлений у цьому дослідженні, свідчить про сприятливість умов для вирощування післяжнивних культур із коротким періодом використання або вегетації. За умови зрошення зона достатньо забезпечена радіаційно-світловими та тепловими ресурсами для вирощування сидератів, соковитих кормів, зерна та олійних культур за обґрунтованого вибору відповідних за скоростиглістю сортів та гібридів.

У зв'язку з недостатнім вивченням цього питання досить актуальним є проведення польових досліджень. Подальший більш глибокий аналіз агрокліматичних ресурсів Степової, Степової посушливої та Сухостепової зон України другої половини літа – першої половини осені з позицій поточних кліматичних змін дозволить проводити аргументований вибір проміжних культур відповідно до господарських потреб та прогнозувати їх продуктивність, забезпечуючи гарантоване досягнення запланованої продуктивності.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Кирнасівська Н.В., Шулякова І.Г. Агрокліматична оцінка клімату ґрунтів Північного Причорномор'я на прикладі кукурудзи. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2020. № 26. С. 68–77. DOI: <https://doi.org/10.31481/uhmj.26.2020.06>.
2. Boychenko S. et al. Features of climate change in Ukraine: scenarios, consequences for nature and agroecosystems. *Proceedings of the National Aviation University*. 2016. 69(4). P. 96–113. DOI: <https://doi.org/10.18372/2306-1472.69.11061>.
3. Мартин А.Г., Осипчук С.О., Чумаченко О.М. Природно-сільськогосподарське районування України : монографія. Київ : ЦП «Компринт». 2015. 328 с.
4. Вожегова Р.А., Рудік О.Л., Сергеев Л.А. Проміжні посіви в концепціях формування інтенсивних систем землеробства. *Таврійський науковий вісник*. Херсон. 2020. Вип. 116. Ч. 1. С. 3–15. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.1>.
5. Сердюченко Н. Оцінювання кліматозумовлених коливань урожайності основних зернових культур в Україні. *Збірник праць УкрНДІПВТ*. 2014. Вип. 18(32). С. 95–101.
6. Рудік О.Л., Рудік Н.М. Розміщення олійних культур у системі ефективного використання ґрунтового-кліматичного потенціалу. *Роль наук про Землю в народному господарстві: стан і перспективи (присвячена Всесвітньому дню Землі)* : зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф. (Херсон ХДАУ, 20 берез. 2019 р.). Херсон, 2019. С. 244–251.
7. Reshetchenko S. et al. Evaluation of the environmental status of agricultural resources in the territory of Ukraine under conditions of climate change. *Technology Audit and Production Reserves*. 2018. 3, 3(41). P. 21–32. DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.134890>.
8. Агрокліматичний довідник по Херсонській області (1956–2005 рр)/заред. С.І. Мельничака, Т.І. Адаменко. Одеса : «Астропринт», 2011. С. 206.
9. Дюльгер М.О. Забезпечення теплом, світлом і вологою пожнивних культур в Україні. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2013. Вип. 15. С. 119–127.
10. Смирнов В.А. Пожнивные культуры и климат. Ленинград : Гидрометеиздат, 1960. 90 с
11. Томашівський З.М., Коник Г.С. Наукові основи системи землеробства в західному регіоні України : монографія. Львів : СПОЛОМ, 2020. 286 с.
12. Городинська О. та ін. Селекція гречки у післяжнивних посівах. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти* : збірник тез IV Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 15 квіт. 2021 р.). Науково-методичний центр ВФПО. Київ, 2021. С. 136–138.
13. Сеник І.І., Болтик Н.П., Ворожбит Н.М. Вирощування проміжних посівів однорічних кормових культур в умовах Лісостепу західного. Науково-практичні рекомендації. Тернопіль, 2018. 14 с.
14. Коваленко Г.В., Іваненко Т.Я. Впровадження перспективних кормових культур – основа підвищення продуктивності дійного стада. *Економіка і суспільство*. 2017. Вип. 9. С. 773–780.
15. Кірілеско О.Л. Вплив насичення ланок кормових сівозмін багаторічними травами і проміжними культурами на баланс гумусу в ґрунті. *Корми і кормовиробництво*. 2013. № 76. С. 151–158.
16. Малієнко А.М., Борис Н.Є. Типовість гідротермічних умов зони Правобережного Лісостепу та їх вплив на продуктивність кукурудзи. *Агробіологія*. № 1. 2019. С. 55–64. DOI: <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2019-2019-146-1-55-64>.
17. Delworth T.L. et al. GFDL's CM2 Global Climate Model. Part I. *Formulation and simulation characteristics*. *J. Climate*. 2006. V. 19. P. 643–674.
18. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України / за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса : «Екологія», 2011. 694 с.
19. Польовий А.М., Божко Л.Ю. Теплові ресурси України в умовах зміни клімату. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2015. № 16. С. 99–106.
20. Беґей С.В. Проміжні посіви в інтенсивному землеробстві. Львів, 1992. 160 с.
21. Гусев М.Г., Яворський С.В., Войташенко Д.П., Косєвцова Л.В. Підвищення продуктивності кормових агроценозів при конвеєрному виробництві кормів в умовах зрошення Південного степу України. *Зрошуване землеробство*. Херсон, 2010. Вип. 53. С. 264–272.
22. Лимар А.О., Лимар В.А. Андрійченко Л.В. Теплові і енергетичні ресурси Півдня України та їх ефективне використання. *Таврійський науковий вісник*. 2015. № 90. С. 61–69.
23. Польовий А.М., Божко Л.Ю., Адаменко Т.І. Агрометеорологічні прогнози : підручник. Одеса : ТЕС, 2017. 508 с.

24. Мищенко З.А. Агроклиматология : учебник. Киев : КНТ, 2009. 512 с.
25. Агробіологічні основи вирощування сої та шляхи максимальної реалізації її продуктивності : монографія / Заболотний Г.М. та ін. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2020. С. 275.
26. Гольцберг И.А. Климатическая характеристика заморозков и методы борьбы с ними в СССР. *Труды ГГО – Proceedings of the GGO*. 1959. Вып. 17 (79) С. 3–37.
27. Іванюта С.П., Коломієць О.О., Малиновська О.А., Якушенко Л.М. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації : аналітична доповідь / за ред. С.П. Іванюти. Київ : НІСД, 2020. 110 с.
28. Kiriya Yuri, Kovalenko Anatoly. Main trends for a warm period change 10 in the Southern Steppe of Ukraine and their influence on the growth of winter wheat. *WORLD SCIENCE*. № 12(28). Vol. 1. Warsaw, Poland. December 2017. С. 53–58. DOI: 10.31435/rsglobal\_ws. Index Copernicus (ICV 2017: 79.17).
29. Адаменко Т. Зміна клімату та сільське господарство в Україні: що варто знати фермерам. *Німецько-український політичний діалог*. 2019. С. 36. URL: [https://mepr.gov.ua/files/docs/Zmina\\_klimaty/2020.pdf](https://mepr.gov.ua/files/docs/Zmina_klimaty/2020.pdf).
30. Морозов О.В., Безніцька Н.В. Морозов В.В. Особливості регіональних змін клімату в Сухостеповій зоні України. *Управління водними ресурсами в умовах змін клімату* : матер. Всеукр. наук.-практ. інтер.-конф. (21 березня 2017 р.). Херсон : Колос. С. 191–193.
31. Оцінка екологічності агрокліматичних ресурсів на території України в умовах змін клімату / Решетченко С.І. та ін. URL: [journals.uran.ua/tarp/article/download/134890/144029](http://journals.uran.ua/tarp/article/download/134890/144029). DOI: 10.15587/2312-8372.2018.134890.
32. Смирнов В.А. Климат и повторные посевы. Агроклиматические условия и новые резервы в сельском хозяйстве. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1961. С. 14–27.
33. Польовий А.М. Сільськогосподарська метеорологія : підручник. Одеса : ТЕС, 2012. 632 с.
34. Гойса Н.И., Дмитренко В.П. Рекомендации и показатели по оценке агроклиматических условий и неблагоприятных явлений в областях УССР. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1991. 29 с.
35. Ткаченко Т.Г. Агрометеорологія : навчальний посібник. Харків : ХНАУ, 2015. 268 с.
36. Рибченко Л.С. Сонячна радіація та максимальна температура повітря у періоди інтенсивної засухи 2011–2015 рр. *Часопис картографії* : збірник наукових праць. 2019. Вип. 1 (20). С. 131–145.
37. Васалатій Н.В. Вплив агрометеорологічних умов на формування площі листової поверхні та фотосинтетичну продуктивність озимого ріпаку в осінньо-зимовий період вегетації. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2013. Вип. 15. С. 110–118.
38. Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Люта Ю.О., Пілярська О.О. Особливості розвитку популяцій люцерни за різних умов вирощування. *Наукові доповіді НУБіП України*, № 4 (92). 2021. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/dopovidi2021.04.007/13666>. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2021.04.007>.
39. Вожегова Р.А. Біляєва І.М., Коковіхін С.В. Моделювання впливу сонячної радіації на продуктивність сільськогосподарських культур в умовах зрошення Півдня України. *Зрошуване землеробство*. 2016. Вип. 66. С. 14–18.
40. Топольний Ф.П., Лузан П.Г. Агрометеорологія : навчальний посібник. Харків : Мачулін, 2018. 160 с.
41. Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) : монографія / В.В. Кириченко та ін. Харків, 2016. 400 с.
42. Каплін О.О. Вплив попередників, способів обробітку ґрунту та мінеральних добрив на продуктивність скоростиглих гібридів соняшнику при зрошенні : автореф. дис. канд. с.-г. наук : 06.01.02. Херсон, 2005. 16 с.
43. Аверчев О.В. Науково-виробничі рекомендації з технології вирощування проса в Причорноморському степу України. Херсон : Олді плюс, 2008. 23 с.
44. Кулик М.І., Рожко І.І., Сиплива Н.О., Божко Ю.О. Агробіологічні особливості формування врожайності та якості насіння проса прутоподібного. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. Вип. 4. С. 51–60. DOI: 10.31521/2313-092X/2019-4(104).
45. Медведев В.В., Пліско І.В., Бігун О.М. Інвестиційна привабливість орних земель України (методика визначення і картографо-аналітичні оцінки). Харків : ТОВ «Смугаста типографія», 2014. 186 с.

#### REFERENCES:

1. Kyrnasivska N.V., & Shuliakova I.H. (2020). Ahroklimatechna otsinka klimatu hruntiv Pivnichnoho Prychornomoria na prykladi kukurudzy [Agroclimatic assessment of the soil climate of the Northern Black Sea region on the example of corn]. *Ukrainskyi hidrometeorologichnyi zhurnal – Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 26, 68–77. DOI: <https://doi.org/10.31481/uhmj.26.2020.06> [in Ukrainian].
2. Boychenko S. et al. (2016). Features of climate change in Ukraine: scenarios, consequences for nature and agroecosystems. *Proceedings of the National Aviation University*, 69(4), 96–113. DOI: <https://doi.org/10.18372/2306-1472.69.11061> [in English].
3. Martyn A.H., Osypchuk S.O., & Chumachenko O.M. (2015). *Pryrodno-silskohospodarske raionuvannia Ukrainy [Natural and agricultural zoning of Ukraine]*. Kyiv: TsP "Kompryt" [in Ukrainian].
4. Vozhehova R.A., Rudik O.L., & Serhieiev L.A. (2020). Promizhni posivy v kontseptsiiakh formuvannia intensyvnykh system zemlerobstva [Intermediate crops in the concepts of formation of intensive systems of agriculture]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk – Taurian scientific bulletin*, 116(1), 3–15 [in Ukrainian]. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.1>.
5. Serdiuchenko N. (2014). Otsiniuvannia klimatozumovlenykh kolyvan urozhainosti osnovnykh zernovykh kultur v Ukraini [Estimation of climate-related fluctuations in the yield of major cereals in Ukraine]. *Zbirnyk prats UkrNDIPVT – Collection of works of UkrNDIPVT*, 18(32), 95–101 [in Ukrainian].
6. Rudik O.L., & Rudik N.M. (2019). Rozmishchennia oliinykh kultur v systemi efektyvnoho vykorystannia hruntovo-klimatichnoho potentsialu [Placement of oilseeds in the system of efficient use of soil and climatic potential]. *Rol nauk pro Zemliu v narodnomu hospodarstvi: stan i perspektyvy (prysviachena Vsesvitnomu dnu Zemli)*. *Zbirnyk materialiv Mizhnarodnoi nauково-prak-*

- tychnoi konferentsii [The role of Earth sciences in the national economy: status and prospects (dedicated to World Earth Day): Coll. materials Internationala. scientific-practical conf]. Kherson: DVNZ "KhDAU", 254–261 [in Ukrainian].
7. Reshetchenko S., et al. (2018). Evaluation of the environmental status of agricultural resources in the territory of Ukraine under conditions of climate change. *Technology Audit and Production Reserves*, 3, 3(41), 21–32. DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.134890> [in English].
8. Melnychuk S.I., & Adamenko T.I. (2011). *Ahroklimatychnyi dovidnyk po Khersonskii oblasti (1956–2005 rr) [Agroclimatic guide to the Kherson region (1956–2005)]*. Odesa: "Astropynt" [in Ukrainian].
9. Diulher M.O. (2013). Zabezpechennia teplom, svitlom i volohoiu pozhnyvnykh kultur v Ukraini [Providing heat, light and moisture to crops in Ukraine]. *Visnyk Odeskoho derzhavnogo ekolohichnogo universytetu – Bulletin of Odessa state ecological university* 15, 119–127 [in Ukrainian].
10. Smirnov V.A. (1960). *Pozhnyvnye kul'tury i klimat [Crops and climate]*. Leningrad: Gidrometeoizdat [in Russian].
11. Tomashivskiy Z.M., & Konyk H.S. (2020). *Naukovi osnovy systemy zemlerobstva v zakhidnomu rehioni Ukrainy [Scientific bases of the system of agriculture in the Western region of Ukraine]*. Lviv: SPOLOM [in Ukrainian].
12. Horodynska O. et al. (2021). Seleksiia hrechky u pisliaukisnykh ta pisliazhnyvnykh posivakh [Selection of buckwheat in post-harvest and post-harvest crops]. *Zbirnyk tez IV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii "Klimatychni zminy ta silske hospodarstvo. Vykyky dlia aharnoï nauky ta osvity" – Collection of abstracts IV International scientific and practical conf.* Kyiv. Naukovo-metodychnyi tsentr VFPO. 136–138 [in Ukrainian].
13. Senyk I.I., Boltyk N.P., & Vorozhbyt N.M. (2018). *Vyroshchuvannia promizhnykh posiviv odnorichnykh kormovykh kultur v umovakh Lisostepu zakhidnogo [Growing intermediate crops of annual forage crops in the Western Forest-Steppe]*. Ternopil [in Ukrainian].
14. Kovalenko H.V., & Ivanenko T.Ya. (2017). Vprovadzhennia perspektyvnykh kormovykh kultur – osnova pidvyshchennia produktyvnosti diinoho stada [Introduction of promising forage crops – the basis for increasing the productivity of the dairy herd]. *Ekonomika i suspilstvo – Economy and society*, 9, 773–780 [in Ukrainian].
15. Kirilesko O.L. (2013). Vplyv nasychennia lanok kormovykh sivozmin bahatorichnymy travamy i promizhnymy kulturamy na balans humusu v grunti [Influence of saturation of fodder crop rotations with perennial grasses and intermediate crops on the balance of humus in the soil]. *Kormy i kormovyrobnytstvo – Fodder and fodder production*, 76, 151–158 [in Ukrainian].
16. Malienko A.M., & Borys N.Ye. (2019). Typovist hidrotermichnykh umov zony Pravoberezhnogo Listostepu ta yikh vplyv na produktyvnist kukurudzy [Typical hydrothermal conditions of the Right Bank Leaf-Steppe zone and their influence on maize productivity]. *Ahrobiolohiia – Agrobiology*, 1, 55–64. DOI: 10.33245/2310-9270-2019-2019-146-1-55-64 [in Ukrainian].
17. Delworth T.L. et al. (2006). GFDL's CM2 Global Climate Model. Part I. *Formulation and simulation characteristics*. *J. Climate*. 19. 643–674 [in English].
18. Stepanenko S.M., & Polovyi A.M. (2011). *Otsinka vplyvu klimatychnykh zmin na haluzi ekonomiky Ukrainy [Assessment of the impact of climate change on the economy of Ukraine]*. Odesa: "Ekolohiia" [in Ukrainian].
19. Polovyi A.M., & Bozhko L.Yu. (2015). Teplovi resursy Ukrainy v umovakh zminy klimatu [Thermal resources of Ukraine in the context of climate change]. *Ukrainskyi hidrometeorolohichnyi zhurnal – Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 16, 99–106 [in Ukrainian].
20. Behei S.V. (1992). *Promizhni posivy v intensyvnomu zemlerobstvi [Intermediate crops in intensive agriculture]*. Lviv [in Ukrainian].
21. Husiev M.H., Yavorskyi S.V., Voitashenko D.P., & Kosievtsova L.V. (2010). Pidvyshchennia produktyvnosti kormovykh ahrotsenoziv pry konveiernomu vyrobnytstvi kormiv v umovakh zroshennia Pivdennoho stepu Ukrainy [Increasing the productivity of fodder agroecosystems during conveyor production of fodder in the conditions of irrigation of the Southern Steppe of Ukraine]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigation agriculture*, 53, 264–272 [in Ukrainian].
22. Lyamar A.O., Lyamar V.A. & Andriichenko L.V. (2015). Teplovi i enerhetychni resursy Pivdnia Ukrainy ta yikh efektyvne vykorystannia [Heat and energy resources of the South of Ukraine and their efficient use]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Taurian scientific bulletin*, 90, 61–69 [in Ukrainian].
23. Polovyi A.M., Bozhko L.Yu., & Adamenko T.I. (2017). *Ahrometeorolohichni prohnozy [Agrometeorological forecasts]*. Odesa: TES [in Ukrainian].
24. Mishhenko Z.A. (2009). *Agroklimatologija [Agroclimatology]*. Kiev: KNT [in Russian].
25. Zabolotnyi H.M., et al. (2020). *Ahrobiolohichni osnovy vyroshchuvannia soi ta shliakhy maksymalnoi realizatsii yoi produktyvnosti [Agrobiological bases of soybean cultivation and ways of maximum realization of its productivity]*. Vinnytsia: TOV "TVORY" [in Ukrainian].
26. Gol'cberg I.A. (1959). Klimaticheskaja harakteristika zamorozkov i metody bor'by s nimi v SSSR [Climatic characteristics of frosts and methods of dealing with them in the USSR]. *Trudy GGO*. 17(79), 3–37 [in Russian].
27. Ivaniuta S.P., Kolomiets O.O. Malynovska O.A., & Yakushenko L.M. (2020). *Zmina klimatu: naslidky ta zakhody adaptatsii: analit. dopovid [Climate change: consequences and adaptation measures: analytical report]*. Kyiv: NISD [in Ukrainian].
28. Kiriya Y., & Kovalenko A. (2017). Main trends for a warm period change 10 in the Southern Steppe of Ukraine and their influence on the growth of winter wheat. *WORLD SCIENCE*. Warsaw, Poland. December 12(28). Vol. 1, 53–58. DOI: 10.31435/rsglobal\_ws. Index Copernicus (ICV 2017: 79.17) [in English].
29. Adamenko T. (2019). *Zmina klimatu ta silske hospodarstvo v Ukraini: shcho varto znaty fermeram [Climate change and agriculture in Ukraine: what farmers need to know]*. Nimetsko-ukrainskyi politychnyi dialoh Retrieved from: [https://mepr.gov.ua/files/docs/Zmina\\_klimatu/2020.pdf](https://mepr.gov.ua/files/docs/Zmina_klimatu/2020.pdf) [in Ukrainian].
30. Morozov O.V., Beznitska N.V. & Morozov V.V. (2017). Osoblyvosti rehionalnykh zmin klimatu v Sukhostepovii

- zoni Ukrainy [Features of regional climate change in the Dry Steppe zone of Ukraine]. *Upravlinnia vodnymy resursamy v umovakh zmin klimatu: mater. Vseukr. nauk.-prakt. inter.-konf.* Pp. 191–193. Kherson: Kolos [in Ukrainian].
31. Reshetchenko S.I. et al. (2019). Otsinka ekolohichnosti ahroklimatichnykh resursiv na terytorii Ukrainy v umovakh zmin klimatu [Assessment of environmental friendliness of agro-climatic resources on the territory of Ukraine in the conditions of climate change]. Retrieved from: [journals.uran.ua/tarp/article/download/134890/144029](https://journals.uran.ua/tarp/article/download/134890/144029). DOI: 10.15587/2312-8372.2018.134890 [in Ukrainian].
  32. Smirnov V.A. (1961). *Klimat i povtornye posevy* [Climate and repeated crops]. Agroklimaticheskie usloviya i novye rezervy v selskom hozjajstve. Leningrad: Gidrometeoizdat, 14–27 [in Russian].
  33. Poloviy A.M. (2012). *Silskohospodarska meteorologhiia* [Agricultural meteorology]. Odesa: TES [in Ukrainian].
  34. Gojsa N.I., & Dmitrenko V.P. (1991). *Rekomendacii i pokazateli po ocenke agroklimaticheskikh usloviy i neblagopriyatnykh javlenij v oblastjakh USSR* [Recommendations and indicators for assessing agro-climatic conditions and adverse events in the regions of the Ukrainian SSR]. Leningrad: Gidrometeoizdat [in Russian].
  35. Tkachenko T.H. (2015). *Ahrometeorologhiia* [Agrometeorology]. Kharkiv: KhNAU [in Ukrainian].
  36. Rybchenko L.S., & Savchuk S.V. (2019). Soniachna radiatsiia ta maksimalna temperatura povitria u periody intensyvnoi zasukhy 2011–2015 rr. [Solar radiation and maximum air temperature during periods of intense drought 2011–2015]. *Chasopys kartohrafii: zbirnyk naukovykh prats – Journal of Cartography: a collection of scientific papers*, 1 (20), 131–145 [in Ukrainian].
  37. Vasalatii N.V. (2013). Vplyv ahrometeorologichnykh umov na formuvannia ploshchi lystovoi poverkhni ta fotosyntetichnu produktyvnist ozymoho ripaku v osinno-zymovyi period vegetatsii [Influence of agrometeorological conditions on the formation of leaf surface area and photosynthetic productivity of winter rape in the autumn-winter growing season]. *Visnyk Odeskoho derzhavnoho ekolohichnoho universytetu – Bulletin of Odessa state ecological university*, 15, 110–118 [in Ukrainian].
  38. Tyshchenko A.V., Tyshchenko O.D., Liuta Yu.O., & Piliarska O.O. (2012). Osoblyvosti rozvytku populatsii liutsemy za riznykh umov vyroshchuvannia [Features of the development of alfalfa populations under different growing conditions]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy – Scientific reports of NULES of Ukraine*, 4 (92). Retrieved from: <https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/dopovidi2021.04.007/13666>. DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2021.04.007> [in Ukrainian].
  39. Vozhehova R.A. (2016). Modeliuvannia vplyvu soniachnoi radiatsii na produktyvnist silskohospodarskykh kultur v umovakh zroshennia Pivdnia Ukrainy [Modeling the impact of solar radiation on crop productivity under irrigation in Southern Ukraine]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigation agriculture*, 66, 14–18 [in Ukrainian].
  40. Topolnyi F.P., & Luzan P.H. (2018). *Ahrometeorologhiia* [Agrometeorology]. Kharkiv: Machulin [in Ukrainian].
  41. Kyrychenko V.V. et al. (2016). *Soia (Glycine max (L.) Merr.)* [Soy (Glycine max (L.) Merr.)]. Kharkiv [in Ukrainian].
  42. Kaplin O.O. (2005). Vplyv poperednykiv, sposobiv obrobky hruntu ta mineralnykh dobryv na produktyvnist skorostyglykh hibrydiv soniashnyku pry zroshenni [Influence of precursors, tillage methods and mineral fertilizers on the productivity of precocious sunflower hybrids under irrigation]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kherson [in Ukrainian].
  43. Averchev O.V. (2014). *Naukovo-vyrobnychi rekomendatsii z tekhnologii vyroshchuvannia prosa v Prychornomorskomu stepu Ukrainy* [Scientific and production recommendations on the technology of millet cultivation in the Black Sea steppe of Ukraine]. Kherson [in Ukrainian].
  44. Kulyk M.I., Rozhko I.I., Sypliva N.O., & Bozhko Yu.O. (2019). Ahrobiolohichni osoblyvosti formuvannia vrozhaivnosti ta yakosti nasinnia prosa prutopodibnoho [Agrobiological features of yield formation and quality of millet seeds]. *Visnyk aharnoï nauky Prychornomoria – Ukrainian Black Sea region Agrarian Science* [in Ukrainian]. DOI: 10.31521/2313-092X/2019-4(104).
  45. Medvedev V.V., Plisko I.V., & Bihun O.M. (2014). *Investytsiina pryvabyvist ornykh zemel Ukrainy (metodyka vyznachennia i kartohrafo-analitychni otsinky)*. [Investment attractiveness of arable lands of Ukraine (methods of determination and cartographic and analytical assessments)]. Kharkiv: TOV "Smuhasta typohrafiia" [in Ukrainian].

**Рудік О.Л., Сергєєв Л.А., Римар Д.Є., Чугак В.В.**  
**Оцінка агрокліматичних умов післяжнивного періоду Сухостепової природно-сільськогосподарської зони України**

Стаття присвячена дослідженню кліматичних умов зони зрошення України для раціонального використання її ресурсного потенціалу. **Метою досліджень** є комплексна оцінка агрокліматичних ресурсів Сухостепової зони з позиції використання післязбирального періоду для вирощування різних груп сільськогосподарських культур з урахуванням поточних кліматичних змін. **Матеріали та методика досліджень.** У роботі використано комплексний підхід та застосовано монографічний, аналітичний, порівняльний та статистичний методи, метод аналізу часових рядів. Джерелом первинної інформації є результати спостережень мережі гідрометеорологічних та агрометеорологічних станцій зони. Розглянуто теоретико-методологічні засади оцінки погодно-кліматичних умов Сухостепової природно-сільськогосподарської зони України. Із використанням класичних методів, агрокліматичних розрахунків і узагальнень проведено аналіз забезпеченості теплом, світлом та вологою післяжнивного періоду для вирощування в умовах зрошення кормових, зернових та олійних культур. За даними базового (1961–1990 рр.) та поточного (1991–2020 рр.) періодів викладені результати розрахунків головних агрометеорологічних та біокліматичних показників, проведено їх аналіз у розрізі глобальних кліматичних змін із позицій вирощування післяжнивних культур. Дослідження демонструють відповідність умов біологічним потребам культур із коротким періодом використання або вегетації. У разі зрошення зона достатньо забезпечена радіаційно-світловими та тепловими ресурсами для вирощування сидератів, соковитих кормів, зерна та олійних культур за обґрунтованого добору відповідних за скоростиглі-

стю сортів та гібридів. Зазначено, що досить актуальним є проведення польових випробувань сучасного сортового складу. Подальший більш глибокий аналіз агрокліматичних ресурсів Степової, Степової посушливої та Сухостепової зон України другої половини літа – першої половини осені з позицій поточних кліматичних змін дозволить проводити аргументований вибір проміжних культур відповідно до господарських потреб та прогнозувати їх урожайність, забезпечуючи гарантоване досягнення запланованої продуктивності.

**Ключові слова:** агрокліматичні ресурси, проміжні культури, вимоги до умов середовища, післяжнивний період, зрошення, кліматичні зміни.

**Rudik O.L., Sergueev L.A., Rymar D.Ye., Chugak V.V.**  
**Assessment of agronomic and climatic conditions of post-harvest period in Dry Steppe natural and agricultural zone of Ukraine**

The article is dedicated to the research of climatic conditions of irrigation zone of Ukraine for rational usage of resource potential. **The aim of the researches** is complex assessment of agronomic and climatic resources of Dry Steppe zone from the standpoint of usage of post-harvest period for growing different groups of agricultural cultures taking into account the current climatic changes.

**Materials and research methodology.** The article is used complex approach and it is applied monographic, analytic, comparative and statistic methods, method of analysis of time series. The sources of primary information are the results of network monitoring of hydro meteorological and agro meteorological zonal stations. It is considered

theoretical and methodological principles of assessment of weather-climatic conditions in Dry Steppe natural and agricultural zone of Ukraine. It is carried out the analysis of providing by heat, light and moisture of post-harvest period for growing in the irrigation conditions of fodder, grain and oilseeds with the usage of classical methods, agronomic and climatic calculations and generalizations. According to base period data (1961–1990) and current (1991–2020) period it is presented the results of calculations of the main agronomic meteorological and biologic climatic indicators, it is carried out their analysis taking into account global climatic changes from the standpoints of growing of post-harvest cultures. The researches demonstrate compliance with the conditions of biological needs of cultures with short period of usage or vegetation. During irrigation the zone is sufficiently provided with radiation, light and thermal resources for growing greens, succulent feed, grains and oilseeds using reasonable selection of proper ones, counting precocity of varieties and hybrids. It is stated that conducting field tests of contemporary varietal composition is quite relevant. Further deeper analysis of agronomic and climatic resources of Steppe, Steppe arid and Dry steppe zones of Ukraine of the second part of summer – the first part of autumn from the standpoints of current climatic changes will permit us to conduct reasoned choice of intermediate cultures according to economic needs and to forecast their crop capacity, providing guaranteed achievement of planned productivity.

**Key words:** agronomic and climatic resources, intermediate cultures, demands to environmental conditions, post-harvest period, irrigation, climatic changes.



## МЕТОДИЧНІ ТА ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ ПІЩАНИХ ЗРАЗКІВ ҐРУНТУ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛАЗЕРНОГО ДИФРАКТОМЕТРА

**СОЛОХА М.О.** – доктор сільськогосподарських наук

[orcid.org/0000-0002-1860-0819](https://orcid.org/0000-0002-1860-0819)

Навчально-науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»

**ВИНОКУРОВА Н.В.** – провідний інженер

[orcid.org/0000-0003-3876-480X](https://orcid.org/0000-0003-3876-480X)

Навчально-науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»

**Постановка проблеми.** Для оперативного спостереження за ґрунтовим покривом постала необхідність у швидкому, точному, репрезентативному способі визначення гранулометричного складу. На сьогодні одним з методів, що має відповідати цим параметрам, може бути лазерно-дифракційний аналіз розміру часточок. Згідно з ISO 13320 2020, «успіх методики заснований на тому, що її можна застосовувати до широкого спектра систем твердих частинок» [1]. Але ґрунтознавці в Україні цей метод майже не застосовують, адже фірми, що випускають лазерні дифрактометри, пропонують різні моделі за методичними підходами та технічними особливостями, що зумовлює індивідуальний підхід у роботі у разі загальнооднакових принципів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз публікацій різних авторів (С. Polakowski [2], D. Igaz [3], C.S. Kasmerchak [4], P. Fisher [5], W. Weipeng [6] та інші) говорить про різноманітність підходів до роботи на лазерному дифрактометрі, які залежать від будови та конструктивних особливостей приладу. У цих публікаціях автори практично не пояснюють вибір налаштувань параметрів для вимірювання, від яких залежить якість результату.

Використовуючи лазерний аналізатор часточок Mastersizer 2000 дослідники застосовували неоднакові налаштування [2]. С. Polakowski зі співавторами [2] у вимірюванні на Mastersizer 2000 з Hydro G використали такі параметри, як: час одного вимірювання – 60 с (30 с для червоного світла і 30 с для синього світла), швидкість насоса – 1750 об/хв., а швидкість мішалки – 700 об/хв., математична модель розрахунку – теорія Мі, коефіцієнт заломлення – 1,52, коефіцієнт поглинання – 0,1; значення затемнення становило 10–20%. В інших роботах М. Ryzak and A. Bieganski [7], а також С.С. Kasmerchak зі співавторами [4] на аналогічному приладі налаштування в кожному разі були вже інші. Ми вважаємо, що розбіжності створюють невизначеність у параметрах, що необхідно застосовувати у разі вимірювання на лазерному дифрактометрі.

**Мета статті.** Мета статті – на прикладі піщаного зразка показати порядок дій у разі вимірювання на лазерно-дифракційному аналізаторі часточок Mastersizer 3000E фірми Malvern Instruments з рідинним модулем диспергування Hydro EV та вплив параметрів налаштування на результати розподілу часточок по фракціях.

**Матеріали та методика досліджень.** Зразок для аналізування був відібраний у Сухостеповій сухій підзоні, яка знаходиться в Україні у Херсонській області у Скадовському районі, у точці з координатами N:46.4627679, E:32.5334251. Попередньо зразок був висушений, просіяний крізь сито з діаметром отворів 1 мм, перемішаний та взята середня проба. Було проведено вимірювання гранулометричного складу ґрунту стандартизованим сито-піпет методом у модифікації Качинського (ДСТУ 4730:2007) та лазерно-дифракційним методом. Для двох методів для видалення карбонатів застосовувалася соляна кислота з молярною концентрацією  $c(\text{HCl})$  0,05 моль/дм<sup>3</sup> та для дезагрегації – розчин гідроксиду натрію з молярною концентрацією  $c(\text{NaOH})$  1 моль/дм<sup>3</sup>.

Для вимірювання розподілу часточок за фракціями методом лазерної дифракції використовувався лазерно-дифракційний аналізатор часточок Mastersizer 3000E фірми Malvern Instruments з рідинним модулем диспергування Hydro EV.

Для зручності межі кожної фракції були встановлені такі ж самі, як у стандартизованому сито-піпет методі Качинського. Кожне вимірювання складалося з 6 повторювань (для можливості проведення тесту на повторюваність приладу, згідно з ISO 13320:2020), а для аналізування та порівняння використовувалося середнє арифметичне значення.

**Результати досліджень.** Для з'ясування відхилень, що виникають через вимірювальний прилад, проведений тест на повторюваність (таблиця 1). З урахуванням даних 6 вимірювань (табл. 1) та міжнародного стандарту ISO 13320 2020, згідно з яким повідомлене кумулятивне значення розподілу об'єму з кожного тесту на 10-му перцентилі не повинне відхилятися від середнього значення 6 значень результатів вимірювання більш ніж на  $\pm 2\%$ , на 50-му перцентилі –  $\pm 1,5\%$ , на 90-му перцентилі –  $\pm 3\%$ , маємо, що на 10-му перцентилі дані повинні становити не більше  $117,83 \pm 2,36$  мкм, на 50-му перцентилі –  $222,33 \pm 3,33$  мкм, на 90-му перцентилі –  $380,17 \pm 11,40$  мкм. Дані шести вимірювань відповідають цим вимогам, тобто відхилення у вимірюваннях не перевищують похибки приладу.

У виборі швидкості мішалки з насосом для Mastersizer 3000E з Hydro EV слід враховувати, що низька швидкість призводить до осідання крупних часточок піску на дно

Таблиця 1

## Дані тесту на повторюваність приладу

| Номер зразка | Значення перцентилі D(10)<br>мкм | Значення перцентилі D(50)<br>мкм | Значення перцентилі D(90)<br>мкм |
|--------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 1            | 117                              | 221                              | 379                              |
| 2            | 119                              | 224                              | 384                              |
| 3            | 116                              | 219                              | 375                              |
| 4            | 118                              | 223                              | 381                              |
| 5            | 118                              | 223                              | 380                              |
| 6            | 119                              | 224                              | 382                              |
| Середнє      | 117,83                           | 222,33                           | 380,17                           |

Таблиця 2

## Вплив швидкості насоса з мішалкою на розмір часточок

| Номер зразка | Швидкість насоса об/хв. | Значення перцентилі D(10) мкм | Значення перцентилі D(50) мкм | Значення перцентилі D(90) мкм |
|--------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1            | 500                     | 0,525                         | 1,51                          | 116                           |
| 2            | 750                     | 0,671                         | 170                           | 465                           |
| 3            | 1000                    | 107                           | 245                           | 492                           |
| 4            | 1250                    | 101                           | 215                           | 366                           |
| 5            | 1500                    | 112                           | 220                           | 372                           |
| 6            | 1750                    | 117                           | 223                           | 376                           |
| 7            | 2000                    | 116                           | 221                           | 377                           |
| 8            | 2250                    | 117                           | 222                           | 380                           |
| 9            | 2500                    | 118                           | 224                           | 384                           |
| 10           | 2750                    | 118                           | 225                           | 387                           |
| 11           | 3000                    | 118                           | 225                           | 389                           |
| 12           | 3250                    | 117                           | 224                           | 387                           |
| 13           | 3500                    | 117                           | 224                           | 386                           |

стакана для диспергування, це можна спостерігати візуально, а також підтверджується даними (табл. 2). Згідно з якими до швидкості 1750 об/хв. розміру часточок на 10-му, 50-му та 90-му перцентилі змінюються зі швидкістю, а починаючи зі швидкості 1750 об/хв дані розміру часточок на 10-му, 50-му та 90-му перцентилі суттєво не міняються та не перевищують похибки вимірювального приладу. З огляду на те, що у разі швидкості менше 2500 об/хв. у стакані для диспергування без додавання зразка не спостерігалися бульбашки, а стабільні дані були за швидкості, що перевищувала 1750 об/хв., оптимальною вважаємо швидкість мішалки з насосом для Hydro EV 2000 об/хв.

Для порівняння даних методу лазерної дифракції, визначених за різних оптичних параметрів зразка, було проведено аналіз стандартизованим сито-піпет методом у модифікації Качинського (ДСТУ 4730:2007), дані якого служитимуть еталоном у порівнянні. Провівши аналіз піщаного зразка у трикратній повторюваності за ДСТУ 4730:2007, маємо середні арифметичні значення по фракціях зі стандартним відхиленням: вміст фізичного піску (часточки > 0,01 мм) – 96,88 ± 0,6%, вміст фізичної глини (часточки < 0,01 мм) – 3,12 ± 0,6 %. Класифікація ґрунтів за Качинським є двочленною, тому надалі розглядатимемо лише значення вмісту фізичної глини.

Основними оптичними параметрами зразка, які застосовуються у вимірюванні на лазерному дифрактометрі та які впливають на значення розподілу часточок по фракціях, є індекс рефракції та індекс абсорбції. Для видимого світла «майже всі тверді тіла та рідини мають показник заломлення вище 1,3. Значення зазвичай вимірюються на довжині хвилі 589 нм, що відповідає дублетній D-лінії натрію в жовтій частині спектра» [8]. У більшості довідників наведені дані індексу рефракції саме для цієї довжини хвилі. Довжина хвилі лазерного дифрактометра Mastersizer 3000E інша (632,8 нм), тому й показник заломлення може бути іншим, оскільки він залежить від довжини хвилі та властивостей матеріалу (мінерального складу, щільності, структурності). Для цієї довжини хвилі даних показника заломлення в розповсюджених довідниках по оптичних властивостях мінералів не трапляється. Можливо, з цієї підстави автори статей з лазерної дифрактометрії G. Eshel зі співавторами [9], T. Zobeck [10], B.A. Miller, R.J. Schaetz [11] та інші використовували саме коефіцієнт заломлення мінералів для жовтої лінії спектра з довідників. Натомість Е. Kondrlova зі співавторами [12], проводячи порівняння даних, здобутих різною комбінацією коефіцієнта заломлення (1,3, 1,42, 1,5, 1,54, 1,8) та коефіцієнта поглинання (0,1, 0,001, 0,008, 0,2), відзначили, що «зниження показника заломлення призвело до збільшення

вмісту глини. А використання показника заломлення, що дорівнює 1,5, і індексу поглинання в діапазоні 0,1–0,2, призвело до дуже подібних оцінок порівняно з моделлю Фраунгофера. Також відомо, що ґрунт – це гетерогенна система, яка може включати у себе різні мінерали, тому ансамбль частинок вірогідніше за все матиме своєрідний коефіцієнт заломлення, притаманний певному типу ґрунту, та відрізнятиметься від довідникового. З цієї причини для встановлення впливу індексу рефракції на дані розподілу часточок по фракціях та порівняння цих даних з даними, одержаними методом Качинського, в базу даних були внесені матеріали з коефіцієнтом заломлення від 1,33 до 1,55, при цьому індекс абсорбції (0,01) та щільність (2,65 г/см³) були незмінні.

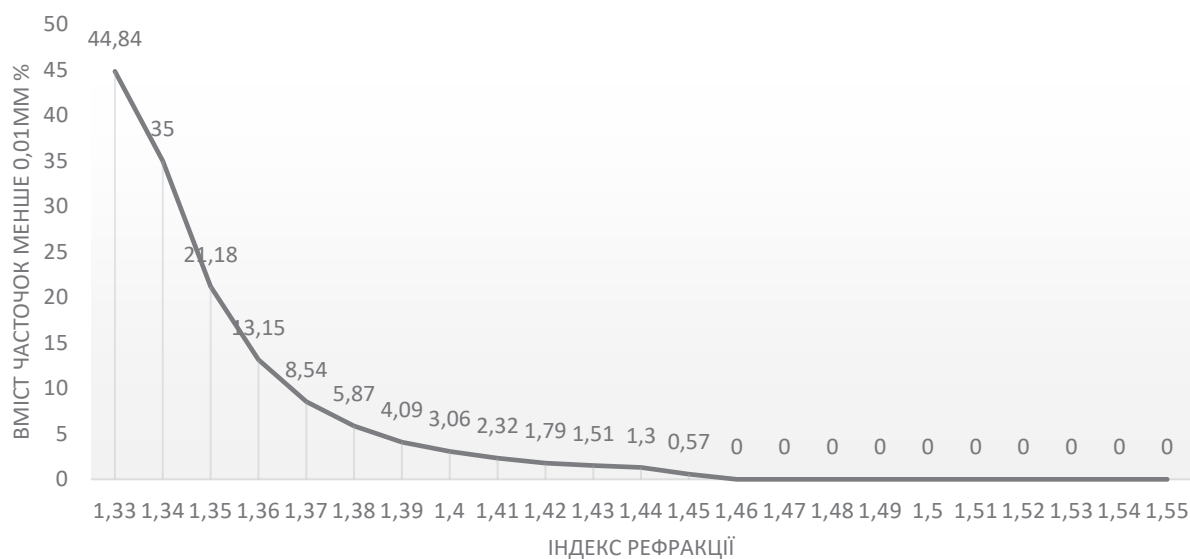
Виконавши вимірювання лазерно-дифракційним методом за індексу рефракції від 1,33 до 1,55, бачимо, що зі збільшенням коефіцієнта заломлення вміст фізичної глини (часточки < 0,01 мм) зменшується (рис. 1).

Це також підтверджували Е. Kondrova зі співавторами [15] у своїх дослідженнях. Починаючи з індексу рефракції 1,46 прилад у такому зразку вміст часточок < 0,01 мм визначає як 0%, хоча згідно із сито-піпет методом у модифікації Качинського він становить  $3,12 \pm 0,6\%$ . Якщо приймати індекс рефракції для піщаного зразка як для кварцу (оскільки цей мінерал переважно становить зразок) з довідника, що дорівнює 1,54 для жовтої лінії спектра [13], то дані вмісту частинки діаметром < 0,01 мм дорівнюватимуть 0%. Це не відповідає стандартизованому сито-піпет методу. Згідно з ISO 13320 2020, «підтвердження використаних оптичних властивостей можна дати шляхом порівняння обчисленої концентрації з даних розподілу розмірів зі справжньою концентрацією. Велике відхилення вказує на те, що або оптична модель, або застосований показник заломлення неправильні. Крім того, можна використовувати інші методи (наприклад, мікроскопію або седиментацію), щоб пере-

вірити наявність значної частки дрібних частинок». Тобто коефіцієнт заломлення 1,54 з довідника, який приймається часто в методі лазерної дифракції, для піщаного зразка у разі застосування Mastersizer 3000E з Hydro EV є неприйнятним. Найбільш близькі значення вмісту часточок діаметром < 0,01 мм становили за індексу рефракції 1,39–1,41. А отже, для піщаного зразка слід використовувати коефіцієнт заломлення 1,40, що є середнім значенням у межах 1,39–1,41.

Індекс абсорбції встановлюється імперично або досвідом, тому вплив цього показника на дані вмісту розподілу часточок діаметром < 0,01 мм був визначений шляхом вимірювання зразка за коефіцієнту заломлення 1,40 та коефіцієнта поглинання від 0,0 до 1,0 й порівняння результатів (рис. 2).

Аналізуючи дані, одержані з різним коефіцієнтом поглинання, бачимо, що зі збільшенням індексу абсорбції від 0,0 до 1,0 дані вмісту часточок діаметром менше 0,01 мм зменшується від 7,23 до 0. Тобто як збільшення індексу абсорбції, так і індексу рефракції призводять до зменшення результатів вимірювання фізичної глини. Чистий кварц за своєю природою прозорий або напівпрозорий. Індекс абсорбції абсолютно прозорих тіл дорівнює 0, а абсолютно чорних тіл – 1. Абсолютно чорних, білих і прозорих тіл у природі немає; у застосуванні до природних тіл ці поняття умовні. Піщаний зразок не є чистим кварцом та може мати мінеральні домішки та шорсткість, тому приймаємо значення коефіцієнта поглинання 0,01. Слід мати на увазі: якщо приймаємо менше значення індексу рефракції, то для одержання даних фізичної глини лазерно-дифракційним методом, близьких до сито-піпет методу, необхідно збільшити індекс абсорбції; вони взаємопов'язані. Вміст фізичної глини у піщаному зразку одержаний сито-піпет методом ( $3,12 \pm 0,6\%$ ) може відповідати значенням цього ж діапазону у лазерно-дифракційному



**Рис. 1. Залежність даних вмісту часточок діаметром менше 0,01 мм від індексу рефракції у разі вимірювання на лазерному аналізаторі частинок Mastersizer 3000E з рідинним модулем диспергування Hydro EV**

Таблиця 3

Залежність значень фракції фізичної глини (часточки &lt; 0,01 мм) від оптичних налаштувань

| Оптичні параметри |        | Індекс рефракції |      |      |      |
|-------------------|--------|------------------|------|------|------|
|                   |        | 1,43             | 1,42 | 1,41 | 1,40 |
| Індекс абсорбції  | 0,0025 | 3,26             | 3,85 | 4,61 | 5,63 |
|                   | 0,005  | 2,62             | 3,03 | 3,79 | 4,21 |
|                   | 0,0075 | 2,13             | 2,57 | 2,92 | 3,57 |
|                   | 0,01   | 1,70             | 2,23 | 2,52 | 3,33 |

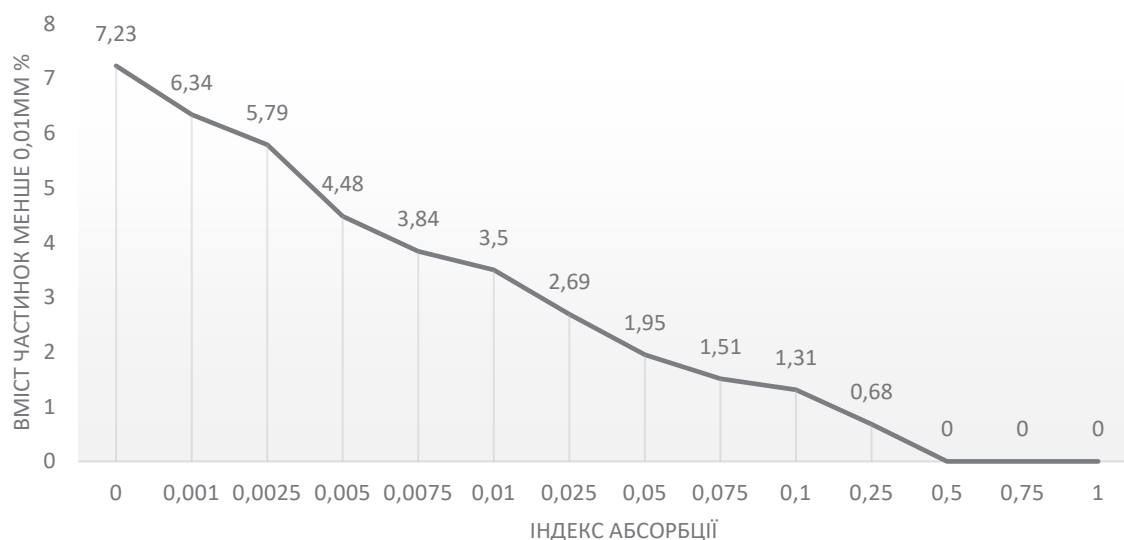


Рис. 2. Залежність даних вмісту часточок діаметром менше 0,01 мм від індексу абсорбції у разі використання Mastersizer 3000E з Hydro EV

методі з різними комбінаціями індексу рефракції та індексу абсорбції (табл. 3).

Але за індексу рефракції більше 1,44 та за будь-якого значення індексу рефракції від 0 до 1 вміст фізичної глини буде менший  $3,12 \pm 0,6\%$ .

**Висновки.** У роботі на лазерному аналізаторі часточок слід враховувати його конструктивні особливості: діапазон вимірювань, довжину хвилі, модуль диспергування, що застосовується. Тест на повторюваність підтверджує можливість вимірювати часточки ґрунту на Mastersizer 3000E з Hydro EV у межах похибки приладу. Особливу увагу слід приділяти параметрам налаштування для вимірювання. Найбільш вагомими є оптичні параметри зразка: індекс рефракції та індекс абсорбції. Їх для ґрунтових зразків не бажано використовувати з довідників по мінералогії, адже, як показано на піщаному зразку, для встановлення індексу рефракції 1,54 (для кварцу із довідника) одержані дані є хибними, оскільки в них фракції менше 0,01 мм дорівнюють 0%, а згідно із сито-піпет методом –  $3,12 \pm 0,6\%$ . Водночас, вимірюючи лазерно-дифракційним методом за індексу рефракції 1,40 та індексу абсорбції 0,01, або 1,41 і 0,0075, або 1,42 і 0,005, або 1,43 і 0,0025 відповідно, маємо значення фракції в цьому ж діапазоні (3,33, 2,92, 3,03, 3,26). Зменшення коефіцієнта поглинання, як і коефіцієнта заломлення, призводить до збільшення

значень фракції з діаметром часточок менше 0,01 мм та навпаки. Для піщаного зразка коефіцієнт заломлення повинен бути менший 1,44. В подальшому слід для аналізу певного типу ґрунту на лазерному дифрактометрі застосовувати притаманні йому оптичні параметри.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. ISO 13320:2020(E) Particle size analysis – Laser diffraction methods. [Second edition 2020-01]. International Standard. Geneva, Switzerland, 2020. 66 p.
2. Particle Size Distribution of Various Soil Materials Measured by Laser Diffraction – The Problem of Reproducibility / Polakowski C. et al. *Minerals*. 2021. V.11(5), P. 465. URL: <https://doi.org/10.3390/min11050465>.
3. Laser diffraction as an innovative alternative to standard pipette method for determination of soil texture classes in Central Europe / Igaz D. et al. *Water*. 2020. V. 12, 1232. DOI: 10.3390/w12051232.
4. Kasmerchak C.S., Masonb J.A., Liangb M. Laser diffraction analysis of aggregate stability and disintegration in forest and grassland soils of Northern Minnesota, USA. *Geoderma*. 2019. V. 338. P. 430–444.
5. Adequacy of laser diffraction for soil particle size analysis / Fisher P. et al. *PLoS ONE*. May 4, 2017. V. 12(5): e0176510. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176510>.

6. Critical Evaluation of Particle Size Distribution Models Using Soil Data Obtained with a Laser Diffraction Method / Weipeng W. et al. *PLoS ONE*. April 30, 2015. V. 10(4): e0125048. DOI: 10.1371/journal.pone.0125048.
7. Ryz'ak M. and Bieganski A. Methodological aspects of determining soil particle-size distribution using the laser diffraction method. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 2011. V. 174. P. 624–633.
8. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C\\_%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D0%B%D0%B8%D1%8F](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C_%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D0%B%D0%B8%D1%8F) (дата звернення 1.02.2022 р.)
9. Singer Critical Evaluation of the Use of Laser Diffraction for Particle-Size Distribution Analysis / Eshel G. et al. *Soil Science Society of America*. MAY–JUNE 2004. V. 68. P. 736–743.
10. Zobeck T.M. Rapid soil particle size analyses using laser diffraction. *Applied Engineering in Agriculture*. 2004 V. 20(5). P. 633–639.
11. Miller B.A., Schaetz R.J. Precision of soil particle size analysis using laser diffractometry. *Soil Science Society of America Journal*. 2011. V. 76. P. 1719–1727.
12. Kondrlova E., Igaz D., Horak J. Effect of calculation models on particle size distribution estimated by laser diffraction. *The Journal of Ege University Faculty of Agriculture*. 2015, Special Issue. P. 21–27. ISSN 1018–8851.
13. An introduction to the rock-forming minerals / W.A. Deer, R.A. Howie, J. Zussman. *Berforts Information Press, Stevenage, Hertfordshire, UK*. 3rd ed. ISBN 978-0903056-33-5 2013 549-dc23 P. 311. URL: [https://pubs.geoscienceworld.org/books/chapter/pdf/3751723/9780903056434\\_frontmatter.pdf](https://pubs.geoscienceworld.org/books/chapter/pdf/3751723/9780903056434_frontmatter.pdf) bygues.
- using the laser diffraction method. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 174. 624–633. DOI: 10.1002/jpln.201000255.
8. Retrieved from: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C\\_%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C_%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F) (Last accessed: 1.02.2022).
9. Eshel, G., Levy G.J., Mingelgrin U., and Singer M.J. (2004). Critical evaluation of the use of laser diffraction for particle-size distribution analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 736–743. DOI: 10.2136/sssaj2004.0736.
10. Zobeck T.M. Rapid soil particle size analyses using laser diffraction. *Applied Engineering in Agriculture*. 2004 V. 20(5). P. 633–639.
11. Miller B.A., Schaetz R.J. (2011). Precision of soil particle size analysis using laser diffractometry. *Soil Science Society of America Journal*. 76. 1719–1727. DOI: 10.2136/sssaj2011.0303.
12. Kondrlova E., Igaz D., Horak J. (2015). Effect of calculation models on particle size distribution estimated by laser diffraction. *The Journal of Ege University Faculty of Agriculture. Special Issue*. 21–27. ISSN 1018–8851.
13. An introduction to the rock-forming minerals / W.A. Deer, R.A. Howie, J. Zussman. *Berforts Information Press, Stevenage, Hertfordshire, UK*. 3rd ed. ISBN 978-0903056-33-5 2013 549-dc23 P. 311. Retrieved from: [https://pubs.geoscienceworld.org/books/chapter/pdf/3751723/9780903056434\\_frontmatter.pdf](https://pubs.geoscienceworld.org/books/chapter/pdf/3751723/9780903056434_frontmatter.pdf) bygues.

#### REFERENCES:

1. International Organization for Standardization (2020). *Particle size analysis – Laser diffraction methods*. (ISO Standard No 13320:2020(E)). Second edition 2020-01.
2. Polakowski C., Ryzak M., Sochan A., Beczek M., Mazur R., Bieganski A. (2021). Particle size distribution of various soil materials measured by laser diffraction – the problem of reproducibility. *Minerals*. 11(5), 465. DOI: <https://doi.org/10.3390/min11050465>.
3. Igaz D., Aydin E., Šinkovičová M., Šimanský V., Tall A., Horák J. (2020). Laser diffraction as an innovative alternative to standard pipette method for determination of soil texture classes in central Europe. *Water* 12(5), 1232. DOI: <https://doi.org/10.3390/w12051232>.
4. Kasmerchak C.S., Mason J.A., Liang M. (2019). Laser diffraction analysis of aggregate stability and disintegration in forest and grassland soils of northern Minnesota, USA. *Geoderma*. 338. 430–444.
5. Fisher P., Aumann C., Chia K., O'Halloran N., Chandra S. (2017). Adequacy of laser diffraction for soil particle size analysis. *PLoS ONE*. 12(5): e017651 DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176510>.
6. Weipeng W., Jianli L., Bingzi Z., Jiabao Z., Xiaopeng L., Yifan Y. (2015). Critical Evaluation of Particle Size Distribution Models Using Soil Data Obtained with a Laser Diffraction Method. *PLoS ONE* 10(4): e0125048. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0125048>.
7. Ryz'ak M., Bieganski A. (2011). Methodological aspects of determining soil particle-size distribution using the laser diffraction method. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 174. 624–633. DOI: 10.1002/jpln.201000255.
8. Retrieved from: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C\\_%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C_%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F) (Last accessed: 1.02.2022).
9. Eshel, G., Levy G.J., Mingelgrin U., and Singer M.J. (2004). Critical evaluation of the use of laser diffraction for particle-size distribution analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 736–743. DOI: 10.2136/sssaj2004.0736.
10. Zobeck T.M. Rapid soil particle size analyses using laser diffraction. *Applied Engineering in Agriculture*. 2004 V. 20(5). P. 633–639.
11. Miller B.A., Schaetz R.J. (2011). Precision of soil particle size analysis using laser diffractometry. *Soil Science Society of America Journal*. 76. 1719–1727. DOI: 10.2136/sssaj2011.0303.
12. Kondrlova E., Igaz D., Horak J. (2015). Effect of calculation models on particle size distribution estimated by laser diffraction. *The Journal of Ege University Faculty of Agriculture. Special Issue*. 21–27. ISSN 1018–8851.
13. An introduction to the rock-forming minerals / W.A. Deer, R.A. Howie, J. Zussman. *Berforts Information Press, Stevenage, Hertfordshire, UK*. 3rd ed. ISBN 978-0903056-33-5 2013 549-dc23 P. 311. Retrieved from: [https://pubs.geoscienceworld.org/books/chapter/pdf/3751723/9780903056434\\_frontmatter.pdf](https://pubs.geoscienceworld.org/books/chapter/pdf/3751723/9780903056434_frontmatter.pdf) bygues.

**Солоха М.О., Винокурова Н.В. Методичні та технічні аспекти визначення гранулометричного складу піщаних зразків ґрунту за допомогою лазерного дифрактометра**

**Мета дослідження** – показати порядок дій у разі вимірювання на лазерно-дифракційному аналізаторі частинок Mastersizer 3000E фірми Malvern Instruments з рідинним модулем диспергування Hydro EV та вплив параметрів налаштування на результати розподілу часточок по фракціях у піщаному зразку.

**Методи.** Проводилось вимірювання піщаного зразка стандартизованим сито-піпет методом та методом лазерної дифракції з різними налаштуваннями, статистичне порівняння одержаних даних.

**Результати.** Тест на відтворюваність підтвердив можливість вимірювання на лазерному дифрактометрі піщаного зразка в межах похибки приладу. Параметри налаштування впливають на розподіл часточок по фракціях. Швидкість насоса з мішалкою для Mastersizer 3000E з Hydro EV повинна бути в межах 1750–2500 об/хв. Зі збільшенням коефіцієнта заповнення від 1,33 до 1,55 вміст фізичної глини (часточки < 0,01 мм) зменшується. Індекс рефракції та індекс абсорбції є взаємопов'язаними оптичними показниками. Якщо приймаємо менше значення індексу рефракції, то для одержання даних фізичної глини лазерно-дифракційним методом, близьких до сито-піпет методу, необхідно збільшити індекс абсорбції та навпаки.

**Висновки.** У роботі на лазерному аналізаторі часточок слід враховувати його конструктивні особливості. Особливу увагу слід приділяти у встановленні оптичних параметрів зразка: індекс рефракції та індекс абсорбції. Вимірюючи лазерно-дифракційним методом за

індексу рефракції 1,40 та індексу абсорбції 0,01, або 1,41 і 0,0075, або 1,42 і 0,005, або 1,43 і 0,0025 відповідно, маємо значення фракції в тому ж діапазоні, що і у сито-піпет методі ( $3,12 \pm 0,6\%$ ). Для піщаного зразка коефіцієнт заломлення не повинен перевищувати 1,44. Надалі під час аналізу певного типу ґрунту на лазерному дифрактометрі слід застосовувати притаманні йому оптичні параметри.

**Ключові слова:** лазерно-дифракційний метод, індекс рефракції, індекс абсорбції, швидкість мішалки з насосом, сито-піпет метод, розподіл часточок по фракціях.

**Solokha M.O., Vynokurova N.V. Methodical and technical aspects of determination of granulometric composition of sandy soil samples under assistant assistant**

The aim of the study was to show the procedure for measuring on a laser diffraction analyzer of Mastersizer 3000E particles from Malvern Instruments with liquid dispersing module Hydro EV and the influence of adjustment parameters on the results of particle distribution by fractions in the sand sample.

**Methods.** The sand sample was measured by standardized sieve-pipette method and laser diffraction method with different settings, statistical comparison of the obtained data.

**Results.** The reproducibility test confirmed the possibility of measuring on a laser diffractometer sand sample within

the error of the instrument. Adjustment parameters affect the distribution of particles by fractions. The pump speed with the stirrer for Mastersizer 3000E with Hydro EV should be in the range of 1750–2500 rpm. With an increase in refractive index from 1.33 to 1.55, the content of physical clay (particles  $< 0.01$  mm) decreases. Refractive index and absorption index there are interrelated optical indicators. If we take less value of the refractive index, then to obtain data on physical clay by laser diffraction method close to the sieve-pipette method, it is necessary to increase the absorption index.

**Conclusions.** When working on a laser particle analyzer should take into account its design features. Particular attention should be paid to the establishment of optical parameters of the sample: the refractive index and the absorption index, because their value significantly affects the distribution of particles by fractions. Measuring by laser diffraction method at a refractive index of 1.40 and an absorption index of 0.01, or 1.41 and 0.0075, or 1.42 and 0.005, or 1.43 and 0.0025, respectively, we have the value of the fraction in the same range as in the sieve-pipette method ( $3.12 \pm 0.6\%$ ). For the sand sample, the refractive index should not exceed 1.44. In the future, when analyzing a certain type of soil on a laser diffractometer should use its inherent optical parameters.

**Key words:** laser-diffraction method, refractive index, absorption index, speed of mixer with pump, sieve-pipette method, particle distribution by fractions.

## КОРЕЛЯЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ БІОТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВЕРМИКУЛЬТИВУВАННЯ ЗА ВПЛИВУ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН

**СТЕПЧЕНКО Л.М.** – кандидат біологічних наук, професор  
[orcid.org/0000-0001-8509-7048](https://orcid.org/0000-0001-8509-7048)  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
**ГАЛУЗІНА Л.І.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
[orcid.org/0000-0003-0478-0027](https://orcid.org/0000-0003-0478-0027)  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет  
**ГЕЙСУН А.А.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
[orcid.org/0000-0001-5041-6838](https://orcid.org/0000-0001-5041-6838)  
Державний вищий навчальний заклад  
«Український державний хіміко-технологічний університет»

**Постановка проблеми.** У процесі утилізації сільськогосподарських органічних відходів методом вермикультивування утворюється біогумус. Він належить до цінних біодобрив, оскільки містить у своєму складі поживні речовини органічного та неорганічного походження для рослин. Особливе значення мають гумінові речовини, які беруть участь у формуванні рослинного організму. Вони впливають на проростання насіння, активування дихання, а також постачання енергії та будівельного матеріалу рослинам [1]. Крім того, гумінові речовини можуть виконувати захисну функцію, наприклад, зв'язувати токсичні елементи, у тому числі важкі [2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відомо, що гумінові речовини існують у формі водо-, луго-розчинених та інших фракцій. Водорозчинна фракція складається з низькомолекулярних гумінових сполук. Лугорозчинні є більш складними за структурою та можуть утворювати стійкі комплекси, які існують більш тривалий час у формі гуматів калію або натрію, за рахунок міжмолекулярних зв'язків. До того ж вони можуть бути активною матрицею в утворенні органічного складника ґрунтів [3] та впливати на буферну ємність ґрунтів [4] за рахунок гуматів лужних металів.

Крім того, утворення гумінових речовин у біогумусі у процесі вермикультивування залежить від активності ензимів у кишечнику червоних каліфорнійських черв'яків. Розщеплення біополімерів у кишечнику червоного каліфорнійського черв'яка має особливе біологічне значення, позаяк черв'яки споживають органічні субстрати [5]. Найчастіше для вермикультивування використовують органічні відходи, а саме гній, опале листя, осад стічних вод, що містять у своєму складі велику кількість клітковини, вуглеводів і білкових компонентів. В основі переробки таких субстратів лежать процеси розщеплення їх за допомогою ензиматичних реакцій. Відомо, що черв'яки мають досить великий набір харчових ензимів, у тому числі власну целюлазу [6]. Швидкість розщеплення органічних решток субстрату у разі вермикультивування залежить від співвідношення різних харчових ензимів у кишечнику черв'яків та їх ензиматичної активності.

У зв'язку з цим перспективним може бути пошук нових шляхів підвищення ензиматичної активності

в кишечнику вермикультури та впливу процесів на накопичення гумінових речовин у біодобриві у разі вермикультивування, що може забезпечити більш широке застосування біогумусу в аграрному виробництві.

Одним із таких шляхів є застосування у вермитехнології речовин гумінової природи, що отримані з торфу, оскільки саме вони можуть впливати на процеси утворення нових молекул гумінових речовин.

Відомо, що «Гумілід» (ТУ У 15.7-00493675-004:2009), продукт гідролізу екологічно безпечного торфу України, отриманий у Дніпровському державному аграрно-економічному університеті, має регуляторні та адаптогенні властивості [7; 8]. Так, доведено, що включення кормової добавки «Гумілід» до основного раціону у молодняку курей-несучок забезпечує зростання протеїназної, амілолітичної та ліполітичної активності ензимів слизової оболонки 12-палої кишки [9], а у страусенят – додатково ще активності целюлозолітичних ензимів у сліпих відростках [10].

Крім того, відомо, що «Гумілід» у складі поживного субстрату в процесі вермикультивування впливає на накопичення біомаси черв'яків [11] та активацію їхньої репродуктивної функції [12]. Проте відомості про кореляційний аналіз показників біотехнологічного процесу вермикультивування, а саме кількісних характеристик вмісту гумінових речовин у біогумусі та рівня ензиматичної активності гомогенату біомаси вермикультури за впливу біологічно активних речовин гумінової природи, на сьогодні відсутні.

**Мета.** Метою роботи було встановлення кореляційних зв'язків між вмістом гумінових речовин у біогумусі та активністю гідролітичних ензимів у гомогенаті вермикультури за впливу Гуміліду в процесі вермикультивування.

**Матеріали та методика досліджень.** Промислові дослідження проводили в умовах вермиферми ТОВ «Природні біотехнології» м. Запоріжжя, яка є виробником біогумусу, рідкого гумінового препарату та біомаси вермикультури. Як об'єкт дослідження використовували біогумус та гібрид червоного каліфорнійського черв'яка. Поживним субстратом слугувала суміш з ферментованих гною великої рогатої худоби та відходів виробництва гливи звичайної. Бурти поживного субстрату заселяли вермикультурою з розрахунку 5–7 тис. на 1 м<sup>2</sup>. Свіжий субстрат шаром 7–10 см розподіляли по

всій поверхні бурту один раз на 7–10 днів та зволожували водою. У приміщенні підтримували температуру в діапазоні 21–24°C та вологість субстрату 65–78%, що відповідає технологічним умовам культивування [5]. Виділяли контрольні та дослідні бурти, які відрізнялися тим, що в дослідні вносили біологічно активну добавку «Гумілід» (15 мг/кг) у вигляді розчину один раз на місяць, а в контрольні – тотожний об'єм води. Вермикультивування тривало протягом 6 місяців. Вибір вермикюльтури та біогумусу з контрольних та дослідних буртів, з яких готували середні проби, проводили на 135 та 180 добу дослідження. Середню пробу біогумусу висушували у сушильній шафі за температури  $105 \pm 2^\circ\text{C}$ , подрібнювали на лабораторному млині та просіювали через сито з діаметром отворів 1 мм. У підготовлених зразках визначали кількість гумінових речовин [13]. Середню пробу біомаси вермикюльтури промивали дистильованою водою, зайву вологу видаляли за допомогою фільтрувального паперу. З червоних каліфорнійських черв'яків з неочищеним кишечником отримували

гомогенат, в якому отримували ензиматичну активність. Протеолітичну активність визначали за методом Вільштеттера і Вальдшміт-Лейця, активність  $\alpha$ -амілази визначали за методом Каравея, целюлолітичну – з використанням натрієвої солі карбоксиметилцелюлози [14].

Статистичні розрахунки виконано за допомогою редактора «Microsoft Excel».

**Результати дослідження.** За результатами проведених досліджень методом кореляційного аналізу виявлено, що майже всі вивчені параметри контрольної та дослідної груп мають кореляційний зв'язок різного ступеня. На 135 добу дослідження коефіцієнт кореляції між показниками гумінових речовин як водорозчинних, так і лугорозчинних та целюлолітичної активності гомогенату біомаси черв'яків контрольної групи показав відсутність зв'язку. Водночас між цими показниками дослідної групи спостерігається слабкий позитивний зв'язок ( $r=0,27$  та  $r=0,23$ ), що пояснюється накопиченням гумінових речовин у біогумусі за впливу «Гуміліду» (рис. 1, 2) та ростом ензиматичної активності (табл. 1).

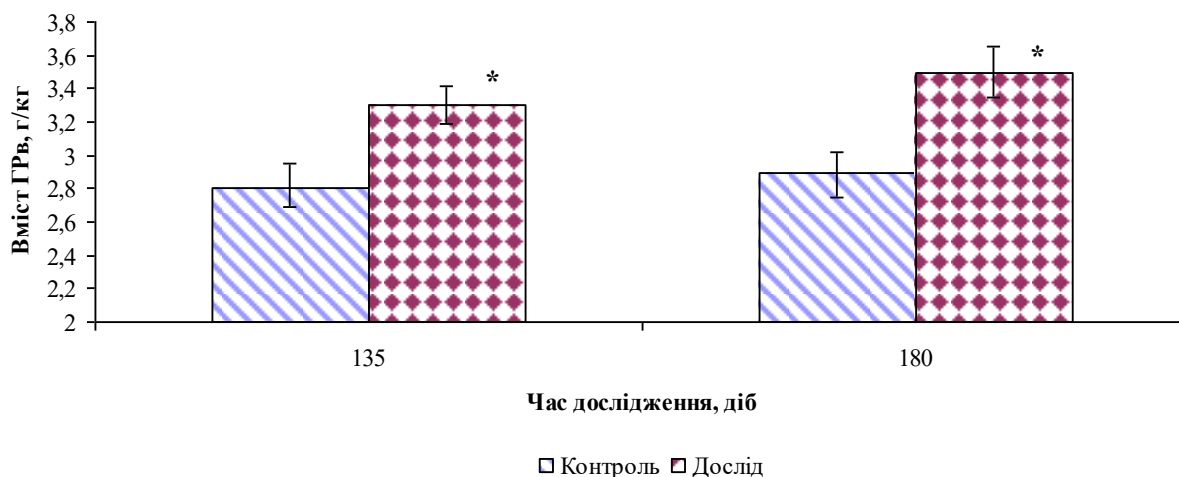


Рис. 1. Вміст водорозчинних гумінових речовин у біогумусі (\*–  $p < 0,05$  порівняно з контролем)

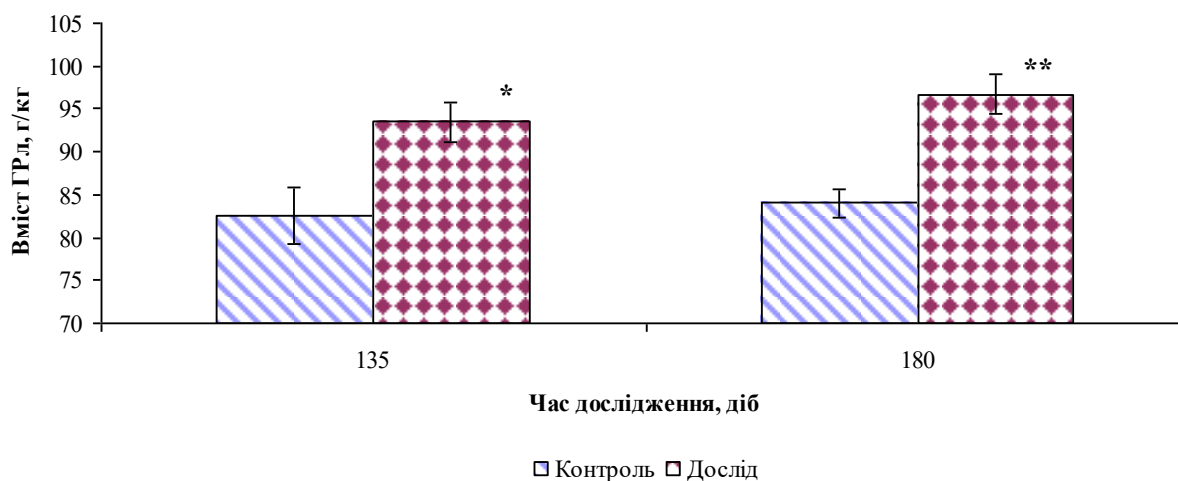


Рис. 2. Вміст лугорозчинних гумінових речовин у біогумусі (\*–  $p < 0,05$ , \*\*–  $p < 0,01$  порівняно з контролем)



Таблиця 1

**Загальна ензиматична активність гомогенату біомаси вермикультури, отриманої в науково-господарському експерименті**

| Ензиматична активність                                 | Діб | Контроль     | Дослід         |
|--------------------------------------------------------|-----|--------------|----------------|
| Протеолітична активність, од/г                         | 135 | 9,34±0,717   | 11,98±0,852*   |
|                                                        | 180 | 9,76±0,808   | 13,14±0,759**  |
| Амілолітична активність, г/(год*г <sub>біомаси</sub> ) | 135 | 21,72±0,025  | 23,64±0,067*** |
|                                                        | 180 | 22,70±0,026  | 22,04±0,021    |
| Целюлозолітична активність КМЦлА, од/г                 | 135 | 0,024±0,0014 | 0,028±0,0007** |
|                                                        | 180 | 0,023±0,0012 | 0,028±0,0006** |

Примітка: \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ ; \*\*\* –  $p < 0,001$  порівняно з даними контрольної групи.

Таблиця 2

**Коефіцієнт кореляції між показниками гумінових речовин біогумусу та ензиматичної активності біомаси черв'яків на 135 добу дослідження**

| Гумінові речовини | Група    | Целюлозолітична активність | Протеолітична активність | Амілолітична активність |
|-------------------|----------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Водорозчинні      | контроль | -0,09                      | 0,21                     | 0                       |
|                   | дослід   | 0,27                       | 0,21                     | 0,38                    |
| Лугорозчинні      | контроль | 0,09                       | 0,04                     | 0,21                    |
|                   | дослід   | 0,23                       | 0,43                     | 0,17                    |

Таблиця 3

**Коефіцієнт кореляції між показниками гумінових речовин біогумусу та ензиматичної активності біомаси черв'яків на 180 добу дослідження**

| Гумінові речовини | Група    | Целюлозолітична активність | Протеолітична активність | Амілолітична активність |
|-------------------|----------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Водорозчинні      | контроль | 0,96                       | 0,97                     | 0,91                    |
|                   | дослід   | 0,92                       | 0,84                     | 0,86                    |
| Лугорозчинні      | контроль | 0,77                       | 0,75                     | 0,57                    |
|                   | дослід   | 0,78                       | 0,68                     | 0,67                    |

Щодо кореляційного зв'язку між показниками вмісту водорозчинних гумінових речовин та показниками протеолітичної активності гомогенату вермикультури, то на 135 добу у всіх групах спостерігався слабкий позитивний зв'язок. У контролі між показниками вмісту лугорозчинних гумінових речовин та протеолітичної ( $r=0,04$ ) активності зв'язок практично не виявлений. У цей період у дослідній групі спостерігається помірний кореляційний зв'язок.

На 135 добу дослідження в контрольній та дослідній групах спостерігається слабкий кореляційний зв'язок ( $r=0,21$ ;  $r=0,17$ ) між показниками вмісту лугорозчинних гумінових речовин та амілолітичної активності гомогенату вермикультури. Однак у контрольній групі між водорозчинними гуміновими речовинами та амілолітичною активністю зв'язок відсутній ( $r=0$ ), у дослідній – помірний ( $r=0,38$ ).

Отже, на 135 добу вермикультивування у дослідній групі спостерігається у середньому слабкий кореляційний зв'язок між показниками вмісту гумінових речовин у біогумусі та ензиматичною активністю гомогенату біомаси вермикультури.

Сила зв'язку між цими показниками свідчить про накопичення гумінових речовин у біогумусі дослідної

групи за впливу біологічно активної добавки «Гумілід» у складі поживного субстрату на 17,9% ( $p < 0,05$ ) – водорозчинних та на 13,3% ( $p < 0,05$ ) – лугорозчинних порівняно з контролем (рис. 1, 2).

У дослідженнях визначали коефіцієнти кореляції залежності гумінових речовин у біогумусі та ензиматичної активності гомогенату біомаси вермикультури з неочищеним кишечником на 135 та 180 добу дослідження (табл. 2, 3).

На 180 добу експерименту спостерігається дуже сильний позитивний кореляційний зв'язок як у контрольній ( $r=0,96$ ), так і у дослідній (0,92) групах між показниками вмісту водорозчинних гумінових речовин у біогумусі та целюлозолітичної активності гомогенату біомаси вермикультури. Стосовно кореляційного зв'язку контрольних ( $r=0,77$ ) та дослідних ( $r=0,78$ ) груп між показниками вмісту лугорозчинних гумінових речовин та показниками целюлозолітичної активності гомогенату червоних каліфорнійських черв'яків на 180 добу експерименту, то він є сильним позитивним.

У цей період у контрольній групі спостерігається дуже сильна тіснота кореляційного зв'язку ( $r=0,97$ ) між показниками вмісту водорозчинних гумінових речовин у біогумусі та протеолітичної активності гомогенату біо-

маси вермикультури, а сильний кореляційний зв'язок ( $r=0,84$ ) між цими показниками був у дослідній групі.

На 180 добу дослідження дуже сильний кореляційний зв'язок ( $r=0,91$ ) спостерігається між показниками вмісту водорозчинних гумінових речовин у біогумусі та амілолітичною активністю гомогенату біомаси вермикультури у контрольній групі, у той час у дослідній групі зв'язок був сильним ( $r=0,86$ ). У контрольній та дослідній групах у цей період спостерігається значний кореляційний зв'язок між показниками вмісту лугорозчинних гумінових речовин та амілолітичною активністю гомогенату біомаси вермикультури.

Отже, сила кореляційного зв'язку на 180 добу дослідження у всіх групах стала тіснішою, що пов'язано з накопиченням гумінових речовин (рис. 1, 2) у біогумусі на 20,7% ( $p<0,05$ ) – водорозчинних, та 15,1% ( $p<0,01$ ) – лугорозчинних порівняно з контролем.

**Висновки.** Таким чином, за результатами проведеного кореляційного аналізу вмісту гумінових речовин та ензиматичної активності гомогенату вермикультури встановлено, що на 135 добу вермикультивування у дослідній групі спостерігався слабкий кореляційний зв'язок, тоді як у контролі зв'язок практично відсутній. На 180 добу дослідження сила кореляційного зв'язку міцнішає як у контрольній, так і у дослідній групах, що пов'язано з накопиченням гумінових речовин у біогумусі та ростом ензиматичної активності гомогенату біомаси червоного каліфорнійського черв'яка у процесі вермикультивування.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Орлов Д.С. Гуминовые вещества в биосфере. *Соровский образовательный журнал*. 1997. № 2. С. 56–63.
2. Гейсун А.А., Степченко Л.М. Дослідження впливу Гуміліду на контамінацію важкими металами продуктів вермтехнології. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва* : збірник наукових праць Білоцерківського національного аграрного університету. 2016. Вип. 2 (129). С. 68–74.
3. Perminova I.V., Hatfield K. Remediation chemistry of humic substances: theory and implications for technology. Use of humic substances to remediate polluted environments: from theory to practice / eds. by I.V. Perminova, K. Hatfield, N. Hertkon. V. 52 of NATO Science Series IV. Netherlands, 2005. P. 3–36.
4. Назырова Ф.И., Гарипов Т.Т. Кислотно-основная буферность зональных типов почв Южного Приуралья в агротехногенных условиях. *Вестник Оренбургского гос. ун-та*. 2011. № 6. С. 147–156.
5. Титов И.Н. Дождевые черви: руководство по вермикультуре в двух частях. В 2 ч. Ч. 1. Компостные черви. Москва : ООО «МФК Точка Опоры», 2012. 284 с.
6. Стриганова Б.Р. Питание почвенных сапрофагов. Москва : Изд-во «Наука», 1980. 245 с.
7. Степченко Л.М. Регуляторні механізми дії біологічно активних речовин гумінової природи на організм продуктивної птиці. *Фізіологічний журнал*. 2010. Т. 56, № 2. С. 306.
8. Stepchenko L., Galuzina L., Mikhaylenko E., Kolyada S., Loseva E. Effect of humic substances on the processes

of adaptation of different kinds agricultural poultry. *18th International Conference of International Humic Substances Society*, Japan. 2016.

9. Островська М.Ю., Гунчак А.В., Степченко Л.М. Активність гідролітичних ферментів та стан мікробіоценозу кишечника в організмі молодняку курей-несучок за дії «Гуміліду». *Біологія тварин*. 2013. Т. 15, № 3. С. 95–104.
10. Коляда С., Степченко Л. Травна система страусенят під дією Гуміліду. *Тваринництво України*. 2014. № 12. С. 30–33.
11. Гейсун А.А., Степченко Л.М. Вплив Гуміліду на накопичення біомаси вермикультури. *Biotechnology for agriculture and environmental protection* : XII International Scientific and Practical Conference daRostim (September 7–10, 2016, Odessa, Ukraine). Odessa, 2016. С. 65–66.
12. Гейсун А.А., Степченко Л.М. Дослідження росту та розвитку вермикультури за впливу Гуміліду. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва* : наук. вісник НУБіП України. 2016. Вип. 236. С. 316–325.
13. ДСТУ 7083:2009. Національний стандарт України. Добрива органічні та органо-мінеральні. Методи визначення гумінових кислот. Чинний від 2011-01-01. Київ, 2011. 14 с. (Інформація та документація).
14. ГОСТ Р 53046-2008. Препараты ферментные. Методы определения ферментативной активности целлюлазы. Введ. 2010-01-01. Москва, 2009. 10 с. (Информация и документация)

#### REFERENCES:

1. Orlov D.S. (1997). Guminovye veschestva v biosphere [Humic substances in the biosphere]. *Sorovskiy obrazovatelnyiy zhurnal*. 1997. № 2. S. 56–63 [in Russian].
2. Heisun A.A., Stepchenko L.M. (2016). Doslidzhennia vplyvu Humilidu na kontaminatsiiu vazhkykh metalamy produktiv vermytekhnohologii [Investigation of the effect of Humilid on heavy metal contamination of vermitechnology products]. *Tekhnologhiia vyrobnytstva i pererobky produktii tvarynnnytstva: zbirnyk naukovykh prats Bilotserkivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. Vyp. 2 (129). S. 68–74 [in Ukrainian].
3. Perminova I.V., Hatfield K. Remediation chemistry of humic substances: theory and implications for technology. Use of humic substances to remediate polluted environments: from theory to practice / eds. by I.V. Perminova, K. Hatfield, N. Hertkon. V. 52 of NATO Science Series IV. Netherlands, 2005. P. 3–36.
4. Nazyrova F.I., Garipov T.T. (2011). Kislотно-osnovnaya bufernost zonalnykh tipov pochv Yuzhnogo Priuralya v agrotehnogennykh usloviyakh [Acid-base buffering of zonal soil types of the Southern Urals in agro-technogenic conditions]. *Vestnik Orenburgskogo gos. un-ta*. 2011. № 6. S. 147–156 [in Russian].
5. Titov I.N. (2012). Dozhdevyie chervi: rukovodstvo po vermiculture v dvuh chastyah. V 2 ch. Ch. 1. Kompostnyie chervi [Earthworms: a guide to vermiculture in two parts. At 2 p.m. Part 1. Compost worms]. Moskva: ООО “МФК Tochka Oporyi”. 2012. 284 s. [in Russian].
6. Striganova B.R. (1980). Pitanie pochvennykh saprofafov [Nutrition of soil saprophages]. Moskva: Izd-vo “Nauka”. 1980. 245 s. [in Russian].
7. Stepchenko L.M. (2010). Rehuliatorni mekhanizmy dii

- biologichno aktivnykh rehovyn huminovoї pryrody na orhanizm produktyvnoi ptytsi [Regulatory mechanisms of action of biologically active substances of humic nature on the body of productive birds]. *Fiziologichnyi zhurnal*. 2010. T. 56, № 2. S. 306 [in Ukrainian].
8. Stepchenko L., Galuzina L., Mikhaylenko E., Kolyada S., Loseva E. (2016). Effect of humic substances on the processes of adaptation of different kinds agricultural poultry. 18th International Conference of International Humic Substances Society, Japan. 2016.
  9. Ostrovska M.Yu., Hunchak A.V., Stepchenko L.M. (2013). Aktivnist hidrolitychnykh fermentiv ta stan mikrobotsenozu kyshechnyku v orhanizmi molodniaku kurei-nesuchok za dii "Humilidu" [Activity of hydrolytic enzymes and the state of intestinal microbiocenosis in the body of young laying hens under the action of "Humilid"]. *Biologhiia tvaryn*. 2013. T. 15, № 3. P. 95–104 [in Ukrainian].
  10. Koliada S., Stepchenko L. (2014). Travna systema strauseniat pid diieiu Humilidu [Digestive system of ostriches under the action of Humilide]. *Tvarynnystvo Ukrainy*. 2014. № 12. P. 30–33 [in Ukrainian].
  11. Heisun A.A., Stepchenko L.M. (2016). Vplyv Humilidu na nakopychennia biomasy vermykultury [Influence of Humilid on the accumulation of vermiculture biomass]. *Biotechnology for agriculture and environmental protection: XII International Scientific and Practical Conference daRostim (September 7–10, 2016. Odessa, Ukraine)*. Odessa, 2016. S. 65–66 [in Ukrainian].
  12. Heisun A.A., Stepchenko L.M. (2016). Doslidzhennia rostu ta rozvytku vermykultury za vplyvu Humilidu [Study of the growth and development of vermiculture under the influence of Humilid]. *Tekhnologhiia vyrobnytstva i pererobky produktiv tvarynnystva: nauk. visnyk NUBiP Ukrainy*. 2016. Vyp. 236. S. 316–325 [in Ukrainian].
  13. DSTU 7083:2009. (2011). Natsionalnyi standart Ukrainy. Dobryva orhanichni ta orhano-mineralni. Metody vyznachennia huminovyykh kyslot [National standard of Ukraine. Organic and organo-mineral fertilizers. Methods for determination of humic acids]. *Chynnyi vid 2011-01-01*. Kyiv, 2011. 14 s. (Informatsiia ta dokumentatsiia) [in Ukrainian].
  14. GOST R 53046-2008. (2010). Preparaty fermentnyie. Metodyi opredeleniya fermentativnoy aktivnosti tsellyulazyi [Enzyme preparations. Methods for determining the enzymatic activity of cellulase]. *Vved. 2010-01-01*. Moskva, 2009. 10 s. (Informatsiya i dokumentatsiya) [in Russian].

**Степченко Л.М., Галузіна Л.І., Гейсун А.А.**  
**Кореляційний аналіз показників біотехнологічного процесу вермикультивування за впливу біологічно активних речовин**

У процесі утилізації сільськогосподарських органічних відходів методом вермикультивування утворюється біогумус. Він належить до цінних біодобрив, оскільки містить у своєму складі поживні речовини органічного та неорганічного походження для рослин. Особливе значення мають гумінові речовини, які беруть участь у формуванні рослинного організму. Перспективним може бути пошук нових шляхів підвищення ензиматичної активності в кишечнику вермикультури та впливу процесів на накопичення гумінових речовин у біодо-

брії у разі вермикультивування, що може забезпечити більш широке застосування біогумусу в аграрному виробництві.

**Мета** дослідження – встановлення кореляційних зв'язків між вмістом гумінових речовин у біогумусі та активністю гідролітичних ензимів у гомогенаті вермикультури за впливу Гуміліду в процесі вермикультивування.

**Методи.** Дослідження проводили в умовах верми-ферми ТОВ «Природні біотехнології» м. Запоріжжя. Як об'єкт дослідження використовували біогумус та гібрид червоного каліфорнійського черв'яка. Поживним субстратом слугувала суміш з ферментованих гною великої рогатої худоби та відходів виробництва гливи звичайної. Бурти поживного субстрату заселяли вермикультурою з розрахунку 5–7 тис. на 1 м<sup>2</sup>. Виділяли контрольні та дослідні бурти, які відрізнялися тим, що в дослідні вносили біологічно активну добавку «Гумілід» (15 мг/кг) у вигляді розчину один раз на місяць, а в контрольні – тотожний об'єм води. Відбір вермикультури та біогумусу з контрольних та дослідних буртів проводили на 135 та 180 добу дослідження. У підготовлених зразках біогумусу визначали кількість гумінових речовин. З червоних каліфорнійських черв'яків з неочищеним кишечником отримували гомогенат, в якому визначали ензиматичну активність. Статистичні розрахунки виконано за допомогою редактора «Microsoft Excel».

**Результати.** За результатами проведених досліджень методом кореляційного аналізу виявлено, що майже всі вивчені параметри контрольної та дослідної груп мають кореляційний зв'язок різного ступеня. На 135 добу дослідження коефіцієнт кореляції між показниками гумінових речовин як водорозчинних, так і луго-розчинних та целюлозолітичної активності гомогенату біомаси черв'яків контрольної групи показав відсутність зв'язку. Водночас між цими показниками дослідної групи спостерігається слабкий позитивний зв'язок ( $r=0,27$  та  $r=0,23$ ), що пояснюється накопиченням гумінових речовин у біогумусі за впливу «Гуміліду» та ростом ензиматичної активності.

На 180 добу експерименту спостерігається дуже сильний позитивний кореляційний зв'язок як у контрольній ( $r=0,96$ ), так і у дослідній ( $0,92$ ) групах між показниками вмісту водорозчинних гумінових речовин у біогумусі та целюлозолітичної активності гомогенату біомаси вермикультури. Стосовно кореляційного зв'язку контрольних ( $r=0,77$ ) та дослідних ( $r=0,78$ ) груп між показниками вмісту луго-розчинних гумінових речовин та показниками целюлозолітичної активності гомогенату червоних каліфорнійських черв'яків на 180 добу експерименту, то він є сильним позитивним.

**Висновки.** За результатами проведеного кореляційного аналізу вмісту гумінових речовин та ензиматичної активності гомогенату вермикультури встановлено, що на 135 добу вермикультивування у дослідній групі спостерігався слабкий кореляційний зв'язок, тоді як у контролі зв'язок практично відсутній. На 180 добу дослідження сила кореляційного зв'язку міцнішає як у контрольній, так і у дослідній групах, що пов'язано з накопиченням гумінових речовин у біогумусі та ростом ензиматичної активності гомогенату біомаси червоного каліфорнійського черв'яка у процесі вермикультивування.

**Ключові слова:** гумінові речовини, Гумілід, біогумус, гуміфікація, вермикультивування, ензиматична активність, біомаса вермикультури.

**Stepchenko L.M., Haluzina L.I., Heisun A.A.**  
**Correlation analysis of indicators of biotechnological process of vermicultivation under the influence of biologically active substances**

In the process of utilization of agricultural organic waste by the method of vermiculture, humus is formed. It is a valuable biofertilizer because it contains nutrients of organic and inorganic origin for plants. Of particular importance are humic substances that are involved in the formation of the plant organism. The search for new ways to increase the enzymatic activity in the intestines of vermiculture and the impact of processes on the accumulation of humic substances in biofertilizers during vermiculture may be promising, which may provide greater use of compost in agricultural production.

**The aim** of the study was to establish correlations between the content of humic substances in biohumus and the activity of hydrolytic enzymes in the homogenate of vermiculture under the influence of Humilid in the process of vermiculture.

**Methods.** The research was conducted in the conditions of the vermifery of LLC "Natural Biotechnology" in Zaporizhzhya. Biohumus and a hybrid of the California red worm were used as the object of the study. The nutrient substrate was a mixture of fermented cattle manure and waste oyster mushrooms. Burts of nutrient substrate were populated with vermiculture at the rate of 5–7 thousand per 1 m<sup>2</sup>. Control and experimental burts were distinguished, which differed in that the study was supplemented with the biologically active additive Humilid (15 mg/kg) in the form of a solution once a month, and in the control – the same amount of water. Selection of vermiculture and compost from control and experimental plots was performed on days 135 and 180 of the study. The amount of humic substances was determined in the prepared biohumus samples. Red California worms with an uncleaned intestine were used to obtain a homogenate in which enzymatic activity was

determined. Statistical calculations were performed using the editor "Microsoft Excel".

**Results.** According to the results of correlation analysis, it was found that almost all the studied parameters of the control and experimental groups have a correlation of varying degrees. At day 135 of the study, the correlation coefficient between the indicators of humic substances, both water-soluble and alkali-soluble, and the cellulolytic activity of the homogenate of the biomass of worms of the control group showed no connection. At the same time, there is a weak positive relationship between these indicators of the experimental group ( $r = 0.27$  and  $r = 0.23$ ), which is explained by the accumulation of humic substances in biohumus under the influence of Humilid and the growth of enzymatic activity.

At 180 days of the experiment, a very strong positive correlation was observed in both the control ( $r = 0.96$ ) and experimental (0.92) groups between the indicators of water-soluble humic substances in biohumus and cellulolytic activity of vermiculture biomass homogenate. Regarding the correlation between the control ( $r = 0.77$ ) and experimental ( $r = 0.78$ ) groups between the indicators of alkali-soluble humic substances and the cellulolytic activity of red California worm homogenate for 180 days of the experiment, it is strongly positive.

**Conclusions.** According to the results of correlation analysis of humic substances content and enzymatic activity of vermiculture homogenate, it was found that on 135 days of vermiculture in the experimental group there was a weak correlation, while in the control connection is almost absent. At 180 days of the study, the strength of the correlation bond is stronger in both control and experimental groups, which is due to the accumulation of humic substances in compost and increased enzymatic activity of red California worm biomass homogenate during vermiculture.

**Key words:** humic substances, Humilid, biohumus, humification, vermiculture, enzymatic activity, vermiculture biomass.

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИРОЩУВАННЯ ТА ПЕРЕРОБКИ ОЗИМОГО РІПАКУ НА БІОДИЗЕЛЬ

**ТЕЛЕКАЛО Н.В.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

[orcid.org/0000-0002-7337-0008](https://orcid.org/0000-0002-7337-0008)

Вінницький національний аграрний університет

**КУПЧУК І.М.** – кандидат технічних наук

[orcid.org/0000-0002-2973-6914](https://orcid.org/0000-0002-2973-6914)

Вінницький національний аграрний університет

**ГОНТАРУК Я.В.** – кандидат економічних наук

[orcid.org/0000-0002-7616-9422](https://orcid.org/0000-0002-7616-9422)

Вінницький національний аграрний університет

**Постановка проблеми.** На сьогодні в умовах військового стану та відмови від імпорту енергоносіїв з Білорусії та РФ, блокади портів, що унеможливує експорт аграрної продукції, пошук шляхів вдосконалення технологій вирощування та переробки ріпаку на біодизель є необхідним у короткостроковій перспективі. Найбільш швидким рішенням є використання наявного потенціалу такої культури та створення відповідних виробництв на базі сільськогосподарських та переробних формувань. Адже розвиток власного видобутку викопних ресурсів є більш затратним, ніж створення малих переробних підприємств. Завдяки використанню прогресивних технологій вирощування та переробки ріпаку на біодизель можна досягти в короткостроковій перспективі і значно наростити виробництва власного біодизеля впродовж 2022 року.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблемі вивчення впливу різних рівнів удобрення та строків посіву на формування структурних елементів врожаю озимого ріпаку та дослідженню можливостей його переробки на біодизель присвячено дослідження І.М. Гаро [1], П.М. Вергелеса [2], В.А. Мазура [3], Г.М. Калетніка [4; 6], І.М. Матвєєва [5], І.М. Купчука [7] та І.В. Гончарук [8]. Більшість указаних досліджень демонструє важливість та актуальність вивчення питання оптимізації елементів технології вирощування озимого ріпаку, а саме системи удобрення та строків посіву, для максимальної реалізації врожайного потенціалу високопродуктивних гібридів озимого ріпаку. Проте дослідження можливостей переробки на біодизель є не досить вивченими, що зумовлює актуальність дослідження.

**Мета статті** – дослідити технології вирощування озимого ріпаку та визначити економічну доцільність переробки на біодизель.

**Матеріали та методика досліджень.** У процесі дослідження було використано сукупність загальнонаукових та спеціальних методів: економічного аналізу – у разі визначення ефективності переробки ріпаку на біодизель; аналізу та синтезу – у разі поєднання складників технології вирощування та переробки в єдиному процесі; графічний – у разі наочного відображення окремих показників переробки ріпаку; дедуктивний – у разі теоретичного осмислення проблеми та уточнення окремих понять; індуктивний – у разі збору, систематизації та обробки інформації.

**Результати досліджень.** Внесення оптимальних норм добрив забезпечує отримання високого врожаю ріпаку, а також підвищує стійкість і витривалість рослин проти хвороб і шкідників. Під озиму культуру доцільно вносити повну норму фосфорних і калійних добрив під час сівби або передпосівної культивування. Азотні добрива найдоцільніше вносити тричі. Навесні перше підживлення азотом  $N_{60-100}$  проводиться на початку відновлення вегетації. За внесення загальної норми понад  $N_{120}$  рекомендоване друге підживлення через 14–20 днів ( $N_{40-80}$ ), а третє ( $N_{30-40}$ ) – в половині квітня сприятиме росту стручків і маси насіння. Лише після зернових попередників перед сівбою вносять  $N_{25-30}$ . Для ярої культури під оранку вносять усю норму фосфорних і калійних добрив. Більшу частину азотних добрив (1/2–2/3 загальної норми) вносять під передпосівну культивування, решту – у фазі п'ять–шість листків – бутонізації.

Найбільш оптимальним строком посіву озимого ріпаку є 15–30 серпня. У разі порушення можливі незадовільна перезимівля та втрати врожаю. Ріпак вибагливий до вологи. Хоча від появи сходів до закриття ґрунту листками рослинам досить незначних опадів. Найбільше вологи рослини потребують під час інтенсивного росту стебла й вегетативної маси та у фазі цвітіння. Нестача вологи в ці періоди може призвести до завчасного цвітіння й опадання квіток.

Сіяти потрібно кондиційним із високою схожістю та обов'язково протруєним від шкідників і хвороб насінням. Бажано використовувати районовані сорти й гібриди вітчизняної селекції: сорти та гібриди іноземної селекції мають сильно розвинуту надземну вегетативну масу, тому інтенсивніше уражуються хворобами. Створення оптимальної густоти (80–100 рослин на 1 м<sup>2</sup>) забезпечить добрий біологічний розвиток озимої культури восени, її перезимівлю та продуктивність. Найкраще рослини перезимовують, утворивши шість–десять листків, за висоти 10–15 см мають винесені точки росту над поверхнею ґрунту на 1 см та діаметр кореневої шийки 0,6–1 см. Догляд за посівами полягає в обмеженні до економічно невідчутного рівня шкідників, хвороб, бур'янів і поліпшенні аерації ґрунту завдяки агротехнічним, хімічним та біологічним методам захисту. В технології вирощування ріпаку захист від шкідливих організмів дуже важливий. Усі роботи слід виконувати комплексно і в повному обсязі. Нехтування однією з обробок,

зокрема пестицидами, може призвести до різкого зменшення врожайності.

До важливих невикористаних резервів підвищення ефективності виробництва ріпаку слід віднести раціоналізацію виконання робіт, особливо на сівбі та збиранні врожаю, зменшення його витрат, тобто реально вирощеного ріпаку, яке через ті чи інші причини не надійшло споживачеві. Найбільших втрат насіння ріпаку припускаються під час збирання врожаю. В Україні фактична тривалість робіт на збиранні все ще істотно перевищує оптимальну, внаслідок того, що відсутня достатня кількість техніки, її продуктивність низька і коефіцієнт використання невисокий. Вчасне, у стислі строки збирання ріпаку залежно від вологості насіння роздільним способом або прямим комбайнуванням, а також оперативна післязбиральна доробка збіжжя дадуть можливість зібрати врожай без кількісних і якісних втрат.

В основному є дві системи збирання врожаю ріпаку: скошування у валки з подальшим підбиранням і обмолочуванням; пряме комбайнування спеціально облаштованою жаткою. Скошування у валки через великі втрати не набуло такого широкого застосування, як пряме комбайнування. Перевагу роздільний спосіб збирання має в разі нерівномірного розвитку посіву, наприклад, якщо поле сильно засмічене бур'янами. Технологія прямого комбайнування ріпаку нині є загальноприйнятною та стандартною. За прямого комбайнування на жатку обов'язково встановлюють бокові ножі, а саму жатку подовжують приставкою – це дає змогу зменшити втрати врожаю на 90%. Приставка потрібна для того, щоб стручки потрапляли на неї, коли стеблини рухаються шнеком. Що вище стебло ріпаку, то вища ймовірність втрати стручків. У цьому разі велику роль відіграє висота зрізу стерні. Велика частка втрат припадає на бокові ножі. В крайньому разі один із бокових ножів слід виставляти із нахилом назад у напрямку руху комбайна. Для запобігання втрат потрібно встановити низьку частоту обертання мотовила та забезпечити рівномірний рух комбайна.

На протидію роздільному комбайнуванню прямий спосіб збирання (за рахунок подовження природного дозрівання) підвищує олійність насіння ріпаку приблизно на 1–2% та при цьому скорочує витрати, сприяючи підвищенню врожайності. Термін жнивування визначити дуже складно, тому часто жнивувати починають зарано. Причина не лише в тому, що в ріпаку період цвітіння триває приблизно три–чотири тижні, в нього й дозрівання теж не рівномірне й розтягнуте. Оптимальний термін дозрівання припадає на період, коли перші стручки на основному стеблі розтріскуються. В цьому разі на нижніх стеблах дозрівають пізні стручки й стебло вже підсихає до потрібного стану. Обмолочування починають за вологості насіння 12–13%. У зв'язку з тим, що насіння ріпаку на зберігання приймають з вологістю 8–9%, низька вологість насіння в період збирання врожаю економить витрати на його просушування до потрібних параметрів, але при цьому підвищується ризик осипання насіння від розтріскування стручків. Якщо під час жнив стеблини ще зелені або є сильне засмічення бур'янами (ромашкою), то вологість насіння може під-

вищитися на 2–5%. Для покращення результативності комбайна висоту зрізу роблять максимально можливою.

Дослідженнями І.М. Гаро встановлено, що спосіб і глибина основного обробітку ґрунту під ріпак озимий, а саме оранка на 25–27 см та дискування на 12–14 см, певною мірою впливають на щільність ґрунту і менше на вміст рухомих сполук азоту і фосфору за незначної переваги проведення як основного обробітку ґрунту оранки [1, с. 34].

Дослідженнями М.П. Вергелеса встановлено, що в умовах дослідного поля ВНАУ найнебезпечнішими шкідниками генеративних органів озимого ріпаку є ріпаківий квіткоїд, ріпаківий насінневий прихований хоботник та капустяний стручковий комарик. Масове заселення шкідниками посівів спостерігається наприкінці квітня. Тому в цей час необхідно проводити заходи контролю розвитку шкідливих організмів агроценозу озимого ріпаку. Найкращі результати в контролюванні чисельності домінуючих фітофагів в умовах підприємства показав препарат Нуредін™ Супер КЕ (хлорпірифос 400 г/л + біфентрин 20 г/л) у нормі витрати 0,75 л/га. На основі отриманих даних з метою поліпшення контролю за чисельністю шкідників рекомендується використовувати препарат Пленум 50 ВГ (піметрозин 500 г/кг) у нормі витрати 0,25 л/га, оскільки його використання забезпечує отримання врожайності насіння ріпаку на рівні 24,3 ц/га. Найпоширенішими хворобами ріпаку, які спостерігалися під час проведення досліджень, були альтернаріоз, фомоз, сіра та біла гнилі, циліндроспоріоз. Для контролю поширення хвороб в агрофітоценозі ріпаку доцільно застосовувати препарат Архітект СЕ (піраклостробін 100 г/л + прогексадіон кальцію 25 г/л + мепікват-хлорид 150 г/л) у нормі 2,0 л/га, який значно знижував ураження озимого ріпаку основними хворобами та мав лікувальну дію, при цьому забезпечуючи урожайність на рівні 25,1 ц/га. Дотримання технологічних заходів вирощування ріпаку в поєднанні з правильним застосуванням інтегрованої системи захисту від шкочинних організмів може значно підвищити ефективність технології вирощування та мінімізувати втрати врожаю [2, с. 129].

Протягом 2020–2021 рр. проводилися дослідження на дослідних полях НДГ «Агрономічне» в умовах Лісостепу Правобережного. Під час проведених досліджень у умовах дослідного поля Вінницького національного аграрного університету густота рослин змінювалась від 25,0 шт./м<sup>2</sup> до 46 шт./м<sup>2</sup> на гібридах «Персей» та «Лагонда» (табл. 1). Визначено, що найбільшу олійність має гібрид Персей у разі внесення добрив на рівні  $N_{188}P_{98}K_{188}$  з терміном посадки з 24 серпня по 4 вересня.

Насіння ріпаку і продуктів його переробки користується великим попитом на внутрішньому і світовому ринках, а рентабельність виробництва має відносно високий рівень порівняно з виробництвом інших культур. Проте в умовах військового стану та наявного дефіциту дизельного пального в державі більш ефективним є його переробка безпосередньо в державі на біодизель.

Г.М. Калетнік стверджує, що з низки об'єктивних та історичних причин Україна належить до категорії

Таблиця 1

## Формування структури врожаю рослин озимого ріпаку гібриду «Персей» та «Лагонда»

| Строк посіву | Рівень удобрення                                   | Густота рослин, шт./м <sup>2</sup> | Кількість стручків на рослині, шт. | Кількість насінин у стручку, шт. | Число насінин на 1 м <sup>2</sup> , тис. шт. | Вихід олії з 1 т/кг | Біологічна врожайність, т/га |
|--------------|----------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------|---------------------|------------------------------|
| Персей       |                                                    |                                    |                                    |                                  |                                              |                     |                              |
| 10 серп.     | N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>       | 25,65                              | 98                                 | 15,90                            | 42,53                                        | 380                 | 1,57                         |
|              | N <sub>62</sub> P <sub>32</sub> K <sub>62</sub>    | 28,92                              | 101                                | 16,50                            | 49,76                                        | 398                 | 1,98                         |
|              | N <sub>124</sub> P <sub>64</sub> K <sub>124</sub>  | 38,66                              | 102                                | 16,73                            | 63,27                                        | 424                 | 2,72                         |
|              | N <sub>188</sub> P <sub>98</sub> K <sub>188</sub>  | 42,83                              | 102                                | 17,30                            | 75,81                                        | 456                 | 3,37                         |
|              | N <sub>244</sub> P <sub>124</sub> K <sub>244</sub> | 46,35                              | 105                                | 17,76                            | 85,57                                        | 488                 | 4,13                         |
| 21 серп.     | N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>       | 25,65                              | 100                                | 16,99                            | 69,37                                        | 430                 | 2,94                         |
|              | N <sub>62</sub> P <sub>32</sub> K <sub>62</sub>    | 28,92                              | 101                                | 17,00                            | 86,37                                        | 471                 | 4,02                         |
|              | N <sub>124</sub> P <sub>64</sub> K <sub>124</sub>  | 38,66                              | 101                                | 17,00                            | 98,80                                        | 483                 | 4,68                         |
|              | N <sub>188</sub> P <sub>98</sub> K <sub>188</sub>  | 42,83                              | 101                                | 17,02                            | 106,31                                       | 489                 | 5,10                         |
|              | N <sub>244</sub> P <sub>124</sub> K <sub>244</sub> | 46,35                              | 101                                | 17,02                            | 119,74                                       | 468                 | 5,23                         |
| 05 вер.      | N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>       | 25,65                              | 99                                 | 16,88                            | 51,90                                        | 445                 | 2,27                         |
|              | N <sub>62</sub> P <sub>32</sub> K <sub>62</sub>    | 28,92                              | 100                                | 17,20                            | 66,14                                        | 467                 | 3,23                         |
|              | N <sub>124</sub> P <sub>64</sub> K <sub>124</sub>  | 38,66                              | 101                                | 16,92                            | 96,92                                        | 469                 | 4,31                         |
|              | N <sub>188</sub> P <sub>98</sub> K <sub>188</sub>  | 42,83                              | 102                                | 17,20                            | 109,81                                       | 488                 | 4,97                         |
|              | N <sub>244</sub> P <sub>124</sub> K <sub>244</sub> | 46,35                              | 101                                | 17,04                            | 109,60                                       | 488                 | 5,20                         |
| Лагонда      |                                                    |                                    |                                    |                                  |                                              |                     |                              |
| 10 серп.     | N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>       | 25,65                              | 98                                 | 15,90                            | 42,53                                        | 377                 | 1,57                         |
|              | N <sub>62</sub> P <sub>32</sub> K <sub>62</sub>    | 28,92                              | 101                                | 16,50                            | 49,76                                        | 378                 | 1,98                         |
|              | N <sub>124</sub> P <sub>64</sub> K <sub>124</sub>  | 38,66                              | 102                                | 16,73                            | 63,27                                        | 414                 | 2,72                         |
|              | N <sub>188</sub> P <sub>98</sub> K <sub>188</sub>  | 42,83                              | 102                                | 17,30                            | 75,81                                        | 416                 | 3,37                         |
|              | N <sub>244</sub> P <sub>124</sub> K <sub>244</sub> | 46,35                              | 105                                | 17,76                            | 85,57                                        | 418                 | 4,13                         |
| 21 серп.     | N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>       | 25,65                              | 100                                | 16,99                            | 69,37                                        | 420                 | 2,94                         |
|              | N <sub>62</sub> P <sub>32</sub> K <sub>62</sub>    | 28,92                              | 101                                | 17,00                            | 86,37                                        | 431                 | 4,02                         |
|              | N <sub>124</sub> P <sub>64</sub> K <sub>124</sub>  | 38,66                              | 101                                | 17,00                            | 98,80                                        | 443                 | 4,68                         |
|              | N <sub>188</sub> P <sub>98</sub> K <sub>188</sub>  | 42,83                              | 101                                | 17,02                            | 106,31                                       | 449                 | 5,10                         |
|              | N <sub>244</sub> P <sub>124</sub> K <sub>244</sub> | 46,35                              | 101                                | 17,02                            | 119,74                                       | 458                 | 5,23                         |
| 05 вер.      | N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>       | 25,65                              | 99                                 | 16,88                            | 51,90                                        | 445                 | 2,27                         |
|              | N <sub>62</sub> P <sub>32</sub> K <sub>62</sub>    | 28,92                              | 100                                | 17,20                            | 66,14                                        | 467                 | 3,23                         |
|              | N <sub>124</sub> P <sub>64</sub> K <sub>124</sub>  | 38,66                              | 101                                | 16,92                            | 96,92                                        | 469                 | 4,31                         |
|              | N <sub>188</sub> P <sub>98</sub> K <sub>188</sub>  | 42,83                              | 102                                | 17,20                            | 109,81                                       | 488                 | 4,97                         |
|              | N <sub>244</sub> P <sub>124</sub> K <sub>244</sub> | 46,35                              | 101                                | 17,04                            | 109,60                                       | 488                 | 5,20                         |

Джерело: сформовано на основі власних досліджень

енергодефіцитних держав, тому що споживає майже в чотири рази більше енергії, ніж розвинуті країни світу. У сучасних умовах процес зменшення постачання традиційних енергоресурсів виходить за рамки економічної площини й постає питанням політичного спрямування. Спираючись на світовий та європейський досвід, слід відзначити перспективність та економічну доцільність розвитку й масового впровадження у виробництво біоенергетичних технологій. Тому актуальними питаннями сьогодення для України є надійне енергозабезпечення та наявність достатньої кількості енергоносіїв на довгострокову перспективу із поступовим зменшенням традиційних видів палива у структурі енергоспоживання. З огляду на це основними завданнями є визначення пріоритетів економічного розвитку під час упровадження сучасних енергоефективних технологій із малим тер-

міном окупності у сфері альтернативної енергетики, а також відкриття й упорядкування в державі біоенергетичного ринку [3, с. 128].

Поняття «біодизельне паливо» розуміють як відновлюваний екологічно чистий вид моторного палива, що отримують переестерифікацією рослинних олій та/або тваринних жирів у присутності лужного каталізатора [4, с. 71].

У контексті проведених Г.М. Калетніком досліджень виявлено, що планомірне використання біомаси олійних культур (ріпаку та соняшнику) як відновлюваного енергетичного ресурсу на території України характеризується найменшими капітальними витратами та має найбільшу економічну вигоду. Наявний у агропромисловому комплексі країни потужний потенціал науково-технічної та промислової бази щодо вирощування біомаси олійних

культур забезпечує біопаливній індустрії високу економічну ефективність у разі використання насіння ріпаку та соняшнику, що дає підстави виділити її в окрему конкурентоспроможну галузь енергетики [5, с. 14].

Рапсова олія – це дешева сировина для виробництва біодизеля. З тонни рапсу можна отримати від 180 до 260 кг олії, і з цієї олії – 200–220 кг біодизельного палива. Незаперечна цінність біодизеля в його екологічній чистоті і можливості отримувати його з відновлюваної сировини.

Для харчових цілей використовується насіння ріпаку з вмістом ерукової кислоти не більше 2% і глюкозинулатів до 3%. Згідно з галузевим стандартом України ГОСТ 46.072 на ріпакову олію, для харчових цілей можуть використовуватися нерафінована олія вищого і першого сортів, а також рафінована недезодорована і рафінована дезодорована з місткістю ерукової кислоти не більше 5% і сірки не більше 6 мг/кг. Досягти відповідних параметрів досить проблематично, тому в умовах дефіциту енергоресурсів більш доцільною є переробка ріпакової олії на біодизель.

Доцільність практичного застосування біодизеля підтверджена науково-практичними дослідженнями. Наприклад, є запатентовані розробки двокомпонентної система живлення двигуна дизельним та біодизельним паливом, що використовується у складі дизель-генераторної установки для забезпечення автономного електропостачання об'єктів АПК. Система живлення розроблена в рамках виконання державної НДР «Розробка науково-технічного забезпечення енергетичної автоно-

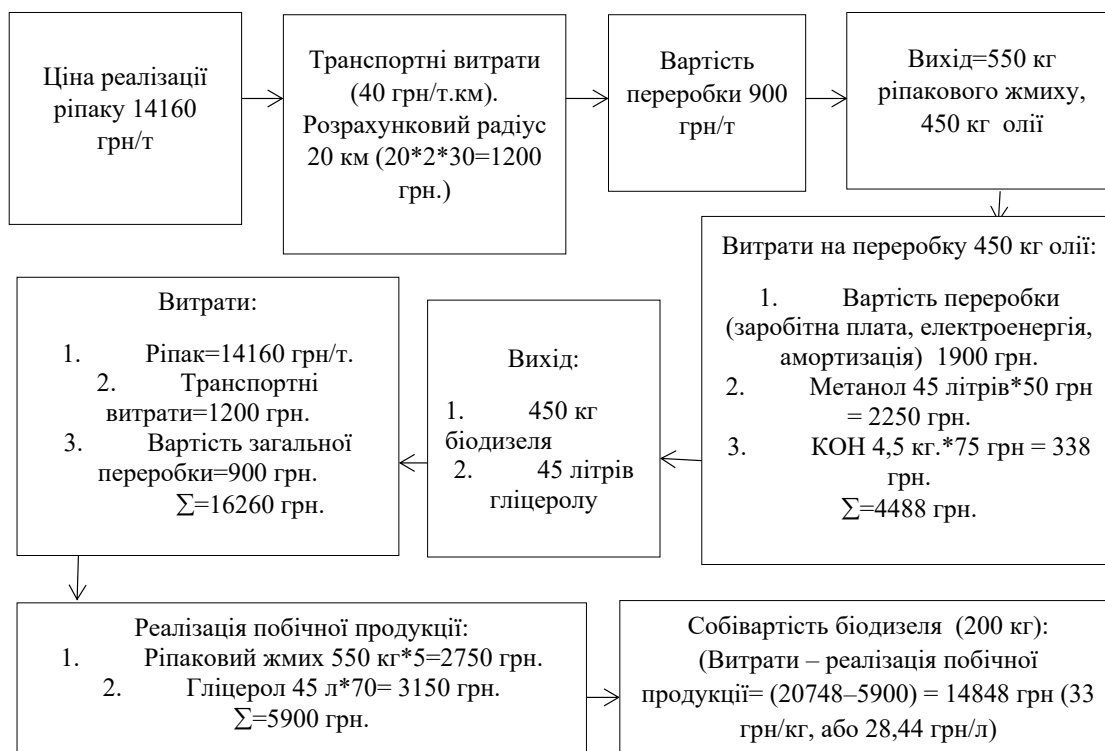
мії АПК на основі еколого ефективного використання агробіомаси для виробництва біопалив» [6].

Для досягнення більшої економічної ефективності переробки ріпаку доцільне створення малих переробних підприємств з надання відповідних послуг.

На сьогодні на базі науково-виробничих потужностей ННБК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум» створено науково-виробничу лабораторію, орієнтовану на переробку олійних культур для потреб сільськогосподарських підприємств, які входять у структуру консорціуму. Це дає можливість знизити собівартість виробництва продукції на дослідних господарствах, а також наочно продемонструвати потенційним клієнтам, якими можуть стати як малі, так і великі сільськогосподарські підприємства для аргументації переваг переробки олійних культур на біодизель та макуху.

Згідно з обрахунками вартість ріпаку закладено на рівні ринкової ціни в травні 2022 року – 14160 грн/т (ціна закупівлі в с.г. підприємств), транспортні витрати закладаються в розмірі 40 грн/т.км, вартість переробки становитиме 900 грн/т. Загальні виробничі витрати становитимуть 16260 грн. Плановий вихід біодизеля з гібриду «Персей» становитиме 450 кг, на виробництво якого додатково буде вкладено 2050 грн. Вартість реалізації побічної продукції становитиме 5900 грн. Собівартість біодизеля становитиме 33 грн/кг, або 28,44 грн/л (рис. 1).

З огляду на ціни на дизельне паливо та постійний дефіцит його на ринку відповідна ціна є надзвичайно конкурентоспроможною.



**Рис. 1. Розрахунок економічної доцільності переробки ріпаку гібриду «Персей» на біодизель**

Джерело: власна розробка



Основними перешкодами для розвитку виробництва біопалива, на думку І.В. Гончарук, є такі:

- здебільшого господарствам економічно невідповідно виробляти біопаливо, перевага надається експорту сировини;
- відсутність фінансових стимулів для реалізації біоенергетичних проєктів;
- високий рівень ризиків для потенційних інвесторів;
- дефіцит власних коштів українських компаній, їх низька фінансова спроможність і висока вартість банківського кредитування;
- недостатнє фінансування наукових досліджень та впровадження нових технологій [7, с. 128].

Використання вдосконалених технологій вирощування озимого ріпаку та подальшої його переробки на біодизель за умов державного дотування створення малих переробних підприємств кооперативного типу в перспективі дасть можливість забезпечити енергонеалежність аграрного сектору.

**Висновки.** Проведені дослідження підтверджують важливість питання розробки напрямів вдосконалення вирощування та переробки ріпаку на біодизель.

Встановлено в умовах дослідного поля ВНАУ, що найнебезпечнішими шкідниками генеративних органів озимого ріпаку є ріпаківий квіткоїд, ріпаківий насінний прихований хоботник та капустяний стручковий комарик.

Для вдосконалення системи вирощування ріпаку на біодизель найбільш доцільно використовувати гібрид Ексель з посівом у серпні– вересні та застосуванням розробленого у Вінницькому національному аграрному університеті способу вирощування ріпаку озимого в умовах Правобережного Лісостепу України, що включає основний та передпосівний обробіток ґрунту після попередника озимої пшениці, внесення добрив на запланований урожай, сівбу, догляд за посівами та збирання врожаю, який відрізняється тим, що ріпак озимий висівають у другій декаді серпня–першій декаді вересня.

Переробка вирощеного ріпаку на біодизель за розробленою моделлю дасть можливість аграрним формуванням забезпечити власні потреби в паливних ресурсах та частково в кормах для галузі тваринництва (ріпакова макуха).

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гаро І.М., Гамаюнова В.В. Вплив основного обробітку ґрунту на щільність та поживний режим ґрунту під час вирощування ріпаку озимого. *Аграрні інновації*. 2021. № 8. С. 29–34.
2. Коваленко Т.М., Пінчук Н.В., Вергелес П.М. Ефективність захисту посівів озимого ріпаку від шкочинних організмів. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 3 (22). С. 119–134.
3. Калетнік Г.М. Соціально-економічне значення розвитку ринку біопалива в Україні. *Економіка АПК*. 2008. № 6. С. 128–132.
4. Матвеева І.В., Яковлева А.В., Зубенко С.О., Гудзь А.В. Перспективи розширення сировинної бази для виробництва біодизельного палива в Україні. *Наукоємні технології*. 2019. № 1 (41). С. 69–76.

5. Калетнік Г.М., Климчук О.В., Мазур В.А. Перспективність та ефективність виробництва біодизельного палива в Україні з олійних культур. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2019. № 5. С. 7–17.
6. Бурлака С.А., Купчук І.М., Телекало Н.В., Присяжнюк Ю.С., Охота Ю.В., Тарасова О.С. Ескізне креслення «Схема двокомпонентної системи живлення двигуна енергетичної установки». № 112884 від 06.05. 2022; заяв. № с202201379 від 21.02. 2022. 2 с.
7. Гончарук І.В. Розвиток підприємницької діяльності у виробництві біопалива: теоретичний аспект. *Економіка АПК*. 2013. № 6. С. 126–129.

#### REFERENCES:

1. Haro I.M., Hamaionova V.V. (2021). Vplyv osnovnogo obrobittu gruntu na shchilnist ta pozhyvnyi rezhym hruntu pid chas vyroshchuvannya ripaku ozymoho [Influence of the main tillage on the density and nutrient regime of the soil during the cultivation of winter oilseed rape]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian innovations*. 8, 29–34 [in Ukrainian].
2. Kovalenko T.M., Pinchuk N.V., Verheles P.M. (2021). Efektyvnist zakhystu posiviv ozymoho ripaku vid shkodochynnykh orhanizmiv [Effectiveness of protection of winter rapeseed crops from pests]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and forestry*. 3 (22), 119–134 [in Ukrainian].
3. Kaletnik H.M. (2008). Sotsialno-ekonomichne znachennia rozvytku rynku biopalyva v Ukraini [Socio-economic importance of the development of the biofuels market in Ukraine]. *Ekonomika APK – Economics of agro-industrial complex*. 6, 128–132 [in Ukrainian].
4. Matvieieva I.V., Yakovlieva A.V., Zubenko S.O., Hudza A.V. (2019). Perspektyvy rozshyrennia syrovynnoi bazy dlia vyrobnytstva biodyzelnogo palyva v Ukraini [Prospects for expanding the raw material base for biodiesel production in Ukraine]. *Naukoiemni tekhnolohii – Science-intensive technologies*. 1 (41), 69–76 [in Ukrainian].
5. Kaletnik G.M., Klymchuk O.V., Mazur V.A. (2019). Perspektyvnist ta efektyvnist vyrobnytstva biodyzelnogo palyva v Ukraini z oliinykh kultur [Prospects and efficiency of biodiesel production in Ukraine from oilseeds]. *Ekonomika, finansy, menedzhment: aktualni pytannia nauky i praktyky – Economics, finance, management: current issues of science and practice*. 5, 7–17 [in Ukrainian].
6. Burlaka S.A., Kupchuk I.M., Telekalo N.V., Prysiazhniuk Yu.S., Okhota Yu.V., Tarasova O.S. (2022). Eskizne kreslennia "Skhema dvokomponentnoi systemy zhyvlennia dvyhuna enerhetychnoi ustanovky" [Sketch drawing "Scheme of a two-component power supply system of a power plant engine"]. № 112884 vid 06.05. zaiaav. № c202201379 vid 21.02. 2022. 2 [in Ukrainian].
7. Honcharuk I.V. (2013). Rozvytok pidpriemnytskoi diialnosti u vyrobnytstvi biopalyva: teoretichniy aspekt [Development of entrepreneurial activity in biofuel production: theoretical aspect]. *Ekonomika APK – Economics of agro-industrial complex*. 6, 126–129 [in Ukrainian].

Телекало Н.В., Купчук І.М., Гонтарук Я.В.  
**Ефективність вирощування та переробки озимого ріпаку на біодизель**

**Мета** – дослідження технології вирощування озимого ріпаку та визначення економічної доцільності переробки на біодизель.

**Методи.** У процесі дослідження було використано сукупність загальнонаукових та спеціальних методів: економічного аналізу – у разі визначення ефективності переробки ріпаку на біодизель; аналізу та синтезу – у разі поєднання складників технології вирощування та переробки в єдиному процесі; графічний – у разі наочного відображення окремих показників переробки ріпаку; дедуктивний – у разі теоретичного осмислення проблеми та уточнення окремих понять; індуктивний – у разі збору, систематизації та обробки інформації.

**Результати.** Досліджено технології вирощування ріпаку в умовах Правобережного Лісостепу України. Визначено переваги гібриду Ексель, орієнтованого на виробництво біодизеля. Досліджено можливість практичного використання біодизеля на прикладі двоконпонентної системи живлення двигуна дизельним та біодизельним паливом, що використовується у складі дизель-генераторної установки для забезпечення автономного електропостачання об'єктів АПК. Визначено, що з урахуванням ціни на дизельне паливо та постійний дефіцит його на ринку собівартість переробки ріпаку на біодизель є досить конкурентоспроможною.

**Висновки.** Встановлено в умовах дослідного поля ВНАУ, що найнебезпечнішими шкідниками генеративних органів озимого ріпаку є ріпаківий квіткоїд, ріпаківий насіннєвий прихований хоботник та капустяний стручковий комарик.

Для вдосконалення системи вирощування ріпаку на біодизель найбільш доцільно використовувати гібрид Ексель з посівом у серпні– вересні та застосуванням розробленого у Вінницькому національному аграрному університеті способу вирощування ріпаку озимого в умовах Правобережного Лісостепу України. Доведено, що переробка вирощеного ріпаку на біодизель за розробленою моделлю дасть можливість аграрним формуванням забезпечити власні потреби в паливних ресурсах та частково в кормах галузь тваринництва.

**Ключові слова:** ріпак, гібрид, технологія, біодизель, переробка, сільське господарство.

Telekalo N.V., Kupchuk I.M., Gontaruk Ya.V. Efficiency of growing and processing of winter rape for biodiesel

The **purpose** is to research the technology of cultivation of winter rape and determination of economic expediency of processing on biodiesel.

**Methods.** In the course of the research a set of general scientific and special methods was used: economic analysis – in determining the efficiency of rapeseed processing into biodiesel; analysis and synthesis – with a combination of components of technology of cultivation and processing in a single process; graphic – with a visual display of individual indicators of rapeseed processing; deductive – in the theoretical understanding of the problem and clarification of certain concepts; inductive – in the collection, systematization and processing of information.

**Results.** The technologies of rapeseed cultivation in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine have been studied. The advantages of the Excel hybrid focused on biodiesel production are determined. The possibility of practical use of biodiesel on the example of a two-component engine power supply system with diesel and biodiesel fuel, which is used as part of a diesel generator set in providing autonomous power supply to agricultural facilities. It is determined that taking into account the prices for diesel fuel and its constant shortage on the market, the cost of processing rapeseed into biodiesel is quite competitive.

**Conclusions.** Established in the conditions of the experimental field of VNAU, the most dangerous pests of the generative organs of winter rape are rapeseed flower beetle, rapeseed seed latent octopus and cabbage pod mosquito.

To improve the system of growing rapeseed for biodiesel, it is most expedient to use the Excel hybrid with sowing in August and September and using the method of growing winter rapeseed developed in Vinnytsia National Agrarian University in the conditions of the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine. It is proved that the processing of cultivated rapeseed for biodiesel according to the developed model will allow agricultural formations to meet their own needs in fuel resources and partly in fodder in the livestock industry (rapeseed meal) and reduce energy dependence of Ukraine's economy.

**Key words:** rapeseed, hybrid, technology, biodiesel, processing, agriculture.

## REVIEW ON EFFECTS OF BIOGAS SLURRY APPLICATION ON CROP GROWTH

**ZHANG XIHUAN** – PhD student[orcid.org/0000-0001-8395-5248](https://orcid.org/0000-0001-8395-5248)

Sumy National Agronomy University

Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang, China

**WU DAFU** – PhD, Professor[orcid.org/0000-0001-5512-2599](https://orcid.org/0000-0001-5512-2599)

Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang, China

**ZAKHARCHENKO E.A.** – PhD (Agricultural Sciences), Associate professor[orcid.org/0000-0002-9291-3389](https://orcid.org/0000-0002-9291-3389)

Sumy National Agrarian University

**Problem statement.** Biogas slurry is a waste material of anaerobic fermentation that have been formed into the biogas stations using cows', pigs', horses', sheep's manure, chicken litter, sewage sludge plants residues [1; 2]. It is rich in organic matter, nitrogen and phosphorus and other nutrients. It is known that improper disposal will not only waste nutrient resources, but also bring pollution risks to the surrounding soil, surface water and groundwater [3; 4].

It was found that biogas slurry contains such important nutrients as NPK that are needed for crop growth. Also, slurry has such components as Fe, Mn, Zn, amino acids [3; 5–7], contain humic acid, gibberellin and other active substances that can improve plant growth [8–12]. Biogas slurry is a kind of organic fertilizer with complete nutrient content and fast or slow recovery [13–15]. Based on the concept of circular agriculture, converting biogas slurry into fertilizer can reduce or avoid the environmental risks caused by biogas slurry discharge. On the other hand, it can be utilized as resources to reduce the amount of chemical fertilizer applied in agricultural production and mitigate the harm caused by massive application of chemical fertilizer [16–19]. Thus, biogas slurry application improves the quality of agricultural products, yields of crops with significant economic and environmental benefits [20–22].

At present, biogas slurry is used as fertilizer in various food crops for example wheat [23; 24], rice [25–27], maize [28–32], vegetable: lettuce [33; 34], Chinese leek [35], Chinese cabbage [36; 37] and fruit – apple [38]. A very significant application effect was proofed, thus the position of biogas slurry in agriculture is becoming more and more important.

**The purpose of this paper** is a review about the effects of biogas slurry irrigation and biogas slurry spraying on photosynthesis, yield and quality of crops in the process of growth and development, in order to provide reference for the promotion and application of eco-agricultural cycle combining agriculture and animal husbandry.

**Analysis of recent research and publications****1. Effects of biogas slurry application on photosynthetic characteristics of crops**

Chlorophyll is the material basis of photosynthesis in higher plants [39], to a certain extent, chlorophyll content in leaves can reflect the photosynthetic capacity of plants [40–42], affecting crop yield [43]. As biogas slurry contains N, P, S, Mg and other major elements that constitute

chlorophyll, protein and lamella film [44], application of biogas slurry can effectively improve chlorophyll content in leaves [45–47]. The enhancement of electron transport and stomatal opening is beneficial to the improvement of light energy capture, conversion efficiency and CO<sub>2</sub> fixation rate [48–50], thus improving the photosynthetic capacity of crop leaves [51; 52]. In particular, chlorophyll B is beneficial to absorb weak light, and its content affects the light capture ability of leaves [53]. Biogas slurry spraying increases the content of chlorophyll B, resulting in the increase of chlorophyll A + B content, thus facilitating the transmission and transformation of light energy [54; 55], plant adaptation to low light environment by improving the utilization efficiency of limited light resources in habitat [56; 57].

The study of Li Ran showed that the application of biogas slurry on bitter melon can improve photosynthetic indexes, reduce stomatal limit value, prolong the harvesting period and improve yield. The application effect is related to the concentration of biogas slurry [58]. Researcher's studies of wheat [51; 59], corn [60], tomato [21], cucumber [20] and apple [61]. Liu et al. [61] also showed that biogas slurry could significantly increase leaf nitrogen and chlorophyll content, and increase leaf photosynthetic rate (Pn), transpiration rate (Tr) and stomatal conductance Gs.

Leaf photosynthetic rate is affected by chlorophyll content and carboxylase activity. As is known, nitrogen is the main component of chlorophyll and carboxylase [62], so proper nitrogen supply can increase nitrogen and chlorophyll content of leaf [63] and prolong leaf function period [64]. Insufficient or excessive nitrogen supply can cause decreasing of chlorophyll content and inducing of leaf senescence [60; 65].

Biogas slurry nitrogen application alone reduced the photosynthetic performance of wheat plants and significantly reduced the yield. Therefore, base application of biogas slurry combined with topdressing of appropriate amount of urea had a positive effect on improving leaf photosynthetic performance and adjusting yield factors. The combined application ratio of biogas slurry with a small amount of base application (25%) and spring re-application of urea (75%) showed the best yield [66]. Study of Ren also showed that 60% biogas slurry +40% fertilizer treatment not only improved chlorophyll content and photosynthetic efficiency of leaves, but also provided

sufficient photosynthetic products for the increase of plant height [65].

Photosynthesis is the core of dry matter production, and differences in photosynthetic capacity lead to the differences in dry matter accumulation and metabolism, which in turn affect crop growth and development and accumulation of economic yield [67; 68]. Moderate topdressing at different stages of wheat could increase net photosynthetic rate of leaves, delay the decline of net photosynthetic rate at late growth stage, and increase grain yield [69; 70], especially at booting stage and filling stage, when the contribution rate of photosynthesis of functional leaves to grains reached more than 80% [71]. Longshu No 5 Potato was sprayed with biogas slurry for three times during its growth stage and it had the highest photosynthetic rate, stomatal conductivity, intercellular CO<sub>2</sub> concentration and transpiration rate during starch accumulation stage, which was conducive to water and nutrient transport, organic matter synthesis and dry matter accumulation [72].

## **2. Effects of biogas slurry application on crop yield**

Biogas slurry is rich in organic and inorganic nutrients such as nitrogen, phosphorus and potassium, amino acids, proteins, nucleic acids and sugars, which play a positive role in improving crop yield [73; 74]. The ultimate goal of agricultural production is getting high quality, high yield and low consumption [75], the yield is the most direct index to evaluate biogas slurry application. Therefore, researchers have carried out a large number of studies on the effect of biogas slurry application on crop yield [76; 77]. Biogas slurry is a high-quality liquid organic fertilizer. Although its nutrients are lower than those of chemical fertilizer, after anaerobic fermentation, nitrogen, phosphorus, potassium and other nutrients exist in an efficient state, which is easy for crops to absorb and more conducive to promoting crop growth [78]. Dong Jingjing et al. [79] applied biogas slurry instead of chemical fertilizer in rice field, which effectively promote tillering and increase yield. H.Y. Huang et al. [80] carried out isonitrogenous field experiments with different biogas slurry replacement ratio for two consecutive years, and the results showed that wheat yield was the highest under 50% biogas slurry replacement ratio, which increased by 7.8% compared with single fertilizer application. After the harvest of pepper using conventional inorganic fertilizer, applying certain concentration of biogas slurry can continue to harvest for 2 times. The longer harvest period means that more pepper can be harvested within a single planting cycle, thus achieving more economic benefits. The reason for the prolonged harvest period may be that the biogas slurry of livestock and poultry manure contains a large number of slow-release components such as organic matter and humic acid, which prolong the fertilizer efficiency and the harvest period [52], this is consistent with the results of pepper [81; 82], tomato [22] and peanut [83].

The application of biogas slurry significantly increased the physiological activity and growth of tomato plants, and increased the branch number, flower number of main stem and fruit weight of tomato. Compared with the control, the higher the application amount of biogas slurry is, the higher the tomato yield will be gotten [84; 85]. When the biogas slurry ratio reaches a certain value, it can meet the nutrient

requirements of tomato, and increasing the biogas slurry ratio does not promote plant growth [15]. Different growth stages have different nutrient requirements. Application of 1:4 biogas slurry and water at flowering fruit setting period is beneficial to increase tomato plant height and stem diameter, it also can promote tomato plant growth [86]. Nutrient requirements are greater during the fruit expansion period than flowering fruit setting period [15].

Biogas slurry combined with chemical fertilizer can effectively improve the chemical properties of topsoil, improve crop stress resistance, promote crop growth and increase crop yield [87]. The study of Zhang [45] showed that cucumber yield increased by 13.60% – 44.86% compared with biogas slurry treatment and fertilizer treatment alone. Cui's study [88] showed that the ratio of 60% biogas slurry +40% fertilizers was the most suitable for the nutrient requirements of maize growth. With the increase ratio of biogas slurry, wheat yield showed a trend of first increase and then decrease, and the treatment with 50% biogas slurry was the most suitable [89], which was consistent with the research results of Li [90], with the increase of the proportion of biogas slurry, the nutrient growth of wheat is vigorous, Carbon nitrogen ratio imbalance and late ripening, grain weight and yield decrease [91], this result also has been found in other crops [92]. As nutrient types and contents of biogas slurry fermented with different seasons and raw materials are different, the optimal ratio and dosage of biogas slurry nitrogen should be determined comprehensively according to soil fertility, ecological conditions, production level, main target and variety type, and field management level [91]. Application of biogas slurry from livestock and poultry manure can not only increase crop yield, but also replace conventional inorganic fertilizer in the actual agricultural production process, so as to avoid the indiscriminate discharge of this precious agricultural resource and environmental pollution [52].

## **3. Effects of biogas slurry application on crop quality**

Assimilates are the material basis of crop yield and quality. The factors promoting the production and accumulation of assimilates have obvious potential of increasing yield and improving quality [92]. Biogas slurry contains amino acids, humus, organic small molecules and bioactive substances needed for crop growth and development, which can better promote crop growth and nutrient absorption and play a key role in improving crop quality [92; 94]. Vitamin C, reducing sugar, amino acid and nitrate contents are important indicators of crop quality [22; 86].

The study of Tang [95] showed that biogas slurry application could significantly increase protein and minerals in rice. The study of Mao [96] showed that biogas slurry application had a great impact on VC content, nitrate nitrogen content and soluble sugar content of mustard. The study of Dong [97] showed that biogas slurry could significantly increase the contents of soluble solids, soluble sugar and VC in strawberry by mixing biogas slurry with fertilizer in different proportions. Application of biogas slurry could affect the quality of Cabbage, and the contents of total sugar, reducing sugar, free amino acid and vitamin

C increased, while the contents of nitrate decreased [98; 99], this may be due to amino acids and humic acids in biogas slurry can activate nitrate reductase in plants, thus reducing nitrate content in vegetables. Under the premise of applying the same total nutrients of N, P and K, the combined application of biogas slurry and chemical fertilizer could significantly promote the growth of tomato, significantly reduce the titratable acid content of tomato, and increase the vitamin C and soluble sugar content [100; 101], fruit quality was significantly improved [102]. The reasonable proportion of biogas slurry and chemical fertilizer not only guaranteed the demand of large nutrient elements for tomato growth, but also provides medium and trace elements and other active substances for quality improvement [65]. Zheng Jian's study also showed that different proportions of biogas slurry treatment at the flowering fruit setting period and the fruit expansion stage improved tomato quality [15].

Combined application of biogas slurry and chemical fertilizer can promote the increase of trace elements and improve grain quality of wheat plant [103]. Under the condition of constant nitrogen content, with the increase of biogas slurry nitrogen replacement ratio, grain protein content increased [93]. Multiple quality indexes such as dough and flour were improved [104].

**Conclusions.** As a high-quality organic fertilizer source, biogas slurry is rich in organic matter and various physiologically active substances of humus, which provides a reasonable C/N ratio for microbial growth and promotes microbial growth [105]. It has a good promotion effect on the improvement of photosynthetic characteristics, yield and quality during crop growth [106].

However, biogas slurry is not omnipotent, affected by the source of biogas slurry, crop types and soil types, the effect of biogas slurry application is also uneven. According to the material composition of biogas slurry and the fertilizer demand of crops, a certain amount of chemical fertilizer is added to biogas slurry, which has a good promotion effect on improving the effect of biogas slurry returning to the field and saves resources. It promotes multiple recycling of agricultural waste and has a good application prospect in high quality and efficient crops and clean agricultural production.

#### BIBLIOGRAPHY:

1. Wu H.B., Liu D.C., & Xu J.F. Chemical Constituents of Biogas Slurry. *Nat Prod Res Dev*, 2015. No. 27(01), pp. 18–21.
2. Zhu Y.L., Na W., Xi D.B., & Zhao X.Y. Effects of Application of Biogas Slurry of Pig Dung on Physical and Chemical Properties of Soil. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2012. No. 40(31), pp. 15202–15203, 15213.
3. Zhang, Z., Tang H., & Guo Y.J. Simulation study of nutrient leaching from soils irrigated with biogas slurry under different environmental temperatures. *Acta Prataculturae Sinica*, 2015. No. 24(04), pp. 57–65.
4. Chen W., Meng H.Y., & Wang Y.J. Study on Nutrient Contents and Security of Biogas Residue and Fluid. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2014. No. 42(23), pp. 7960–7962.
5. Shen Q.L., Shan S.D., Zhou J.J., & Wang Z.R. Determination and Analysis of Compositions in Biogas Slurry Produced by Swine Manure Digestion. *China Biogas*, 2014. No. 32(03), pp. 83–86.
6. Tao X.T., Zhu Z.J., Gao W., Miu C.Y., Wang Y.L., Huang L.F., Zhuang, H.Y., & Lu J.F. Nitrogen uptake and utilization in wheat as influenced by pig slurry from large-scale pig farm. *Journal of Agro-Environment Science*, 2014. No. 33(03), pp. 555–561.
7. Li H., Luo N., Ma J., Li N.Y., Chen X.J., Shen A.L., Guo B., & Fu Q.L. Research progress on the impact of biogas slurry irrigation on soil and environment of farmland. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 2019. No. 60(08), pp. 1317–1321.
8. Chen Y., Yang G.H., Feng Y.Z., Ren G.X., & Li Y.B. Comprehensive evaluation of biogas ecosystem modes. *Transactions of the CSAE*, 2010. No. 26(02), pp. 274–279.
9. Sui H.L., Chen X.F., Qin N., Wang G.H., Xu K.M., & Ai P. Effects of Drip Irrigation with Biogas Slurry on Yield and Quality of Tomato and Physical and Chemical Properties of Soil. *Shandong Agricultural Sciences*, 2016. No. 48(02), pp. 80–84.
10. Duan G.L., Zhang H.M., Liu Y.X., Jia Y., Hu Y., & Cheng W.D. (2012). Long-term fertilization with pig-biogas residues results in heavy metal accumulation in paddy field and rice grains in Jiaxing of China. *Soil Science and Plant Nutrition*, 2012. No. 58(5), pp. 637–646. DOI: 10.1080/00380768.2012.726597.
11. Liu W.K., Yang Q.-C., & Du L. Soilless cultivation for high-quality vegetables with biogas manure in China: Feasibility and benefit analysis. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 2009. No. 24(4), pp. 300–307. DOI: 10.1017/S1742170509990081.
12. Zirkler D., Peters A., & Kaupenjohann M. Elemental composition of biogas residues: Variability and alteration during anaerobic digestion. *Biomass and Bioenergy*, 2014. NO. 67, pp. 89–98. DOI: 10.1016/j.biombioe.2014.04.021
13. Jiao X.X., Zhu J.N., Li Y.P., Zhang X.C., Pang Z.P., Tang Y., Zhang J.T., & Ji Z.S. (2018). Effects of Different Concentration of Drip Irrigation with Biogas Slurry on Facility Tomato Growth. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2018. No. 46(11), pp. 1834–1837.
14. Kang Y.X., Zheng Y.X., & Li Q.F. Effects of Combined Use of Biogas Slurry and Nitrogen Fertilizer on Yield and Quality of *Taraxacum mongolicum*. *Journal of Changjiang Vegetables*, 2019. No. 16, pp. 74–77.
15. Jian Z., Fei Y., Biao M., Peng P.Z., Jiang F.Z., & Wei R.H. Using Biogas Slurry to Regulate Growth, Field and Fruit Quality of Greenhouse Tomato and Nitrogen Dynamics in Root Zone. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2019. 38(07), pp. 23–31.
16. Yun Z.G., Min T.G., Hua Z.X., & Guang B.M. Research Progress on Resource Utilization of Biogas Residue and Biogas Slurry in China. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2019. No. 47(10), pp. 1857–1860.
17. Liao Q., Wei G.P., Jiang Z., Xing Y., Huang D.L., & Li Y.R. Research Progress on Resource Utilization of Livestock and Poultry Manure. *Agricultural Science & Technology*, 2014. No. 15(01), pp. 105–110.
18. Nie Y., & Zeng X. Composition Analysis of Biogas Slurry Fermented from Pig Manure. *Journal of Anhui Agri*, 2013. No. 41(28), pp. 11467–11468, 11542.

19. Li Y.W., Qu Y.-H., Xu Y.-L., Han Y.X., & Lin C. Change of Nutrition Contents of Biogas Slurry with Different Fermentation Raw Materials. *China Biogas*, 2012. 30(03), pp. 17–20, 24.
20. Han C.Y., Wang C.H., Tian C.L., Wang X.Z., Gao H.M., & Wang L.H. *Northern Horticulture*, 2017. No. 03, pp. 61–65.
21. Xie H.Y., Dong R.J., Wu S.B., Yang S.J., & Yang J.X. Effect of biogas slurry combined with chemical fertilizer on the yield and quality of tomato growth in greenhouse. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, 2018. No. 03, pp. 108–115.
22. Chen G., Zhao G.H., Zhang H.M., Shen Y.Q., Fei H.B., & Cheng W.D. Biogas slurry use as N fertilizer for two-season *Zizania aquatica* Turcz. in China. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 2017. No. 107(3), pp. 303–320. DOI: 10.1007/s10705-017-9831-4.
23. França A.A., Tucher S., Urschmidhalter. Effects of combined application of acidified biogas slurry and chemical fertilizer on crop production and N soil fertility. *European Journal of Agronomy*, 2021. No. 123, 126224. DOI: 10.1016/j.eja.2020.126224.
24. Rahaman M.A., Zhan X., Zhang Q., Li S.Q., Lv H., Long Y., & Zeng H. Ammonia Volatilization Reduced by Combined Application of Biogas Slurry and Chemical Fertilizer in Maize–Wheat Rotation System in North China Plain. *Sustainability*, 2020. No. 12(11), 4400. DOI: 10.3390/su12114400.
25. Xu M., Xian Y., Wu J., Gu Y., Yang G., Zhang X., Peng H., Yu X., Xiao Y., & Li L. Effect of biogas slurry addition on soil properties, yields, and bacterial composition in the rice-rape rotation ecosystem over 3 years. *Journal of Soils and Sediments*, 2019. No. 19, pp. 2534–2542. DOI: 10.1007/s11368-019-02258-x.
26. Huang J.C., Xu P.Z., Peng Z.P., Jun Hong Yu, Tu Y., Yang L.X., Wu X.N., & Lin Z.J. Biogas slurry use amount for suitable soil nutrition and biodiversity in paddy soil. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer*, 2016. No. 22(02), pp. 362–371.
27. Hou F.Y., Chen Y.J., Yang Z.Q., Jin C.F., Shi K., Chen C.K., Feng G.N., & Li H.S. Effects of biogas slurry produced from swine manure substituting for urea applied on growth traits, yield and forage quality of indica rice. *Journal of Southern Agriculture*, 2019. No. 50(06), pp. 1197–1203.
28. Ai J.G., Meng Y., Yu L., Gu W.R., Li J., Zeng F.X., & Wei S. Effects of combined application of biogas manure and chemical fertilizer on leaf photosynthesis, yield and quality of spring maize in Northeast of China. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, 2015. No. 04, pp. 59–65.
29. Lal C.M., Shakeel A.K., & Navindu G. Impacts of biogas slurry application on soil environment, yield and nutritional quality of baby corn. *Vegetos*, 2015. No. 28, pp. 194–202.
30. Gao C.H., El-Sawah A.M., Ali D.F.I., Hamoud Y.A., Shaghaleh H., Sheteiwy M.S. The Integration of Bio and Organic Fertilizers Improve Plant Growth, Grain Yield, Quality and Metabolism of Hybrid Maize (*Zea mays* L.). *Agronomy*, 2020. No. 10(3), p. 319. DOI: 10.3390/agronomy10030319.
31. Abbas A., Naveed M., Azeem M., Yaseen M., Ullah R., Alamri S., Farooq Q. u. A., & Siddiqui M.H. Efficiency of Wheat Straw Biochar in Combination with Compost and Biogas Slurry for Enhancing Nutritional Status and Productivity of Soil and Plant. *Plants*, 2020. No. 9(11), p. 1516. DOI: 10.3390/plants9111516.
32. Mdlambuzi T., Muchaonyerwa P., Tsubo M., & E. Moshia M. Nitrogen fertilizer value of biogas slurry and cattle manure for maize (*Zea mays* L.) production. *Heliyon*, 2021. No. 7(5), e07077.
33. Zhao Z.C., Xin S.R., Zhang H.L., Shan H.T., Guo B., Yang Z.T., & Yao L. Effect of Vegetable Waste Biogas Slurry on Yield and Quality of Substrate Cultivated Lettuce. *China Biogas*, 2020. No. 38(03), pp. 82–85.
34. Yang X., Wang W.E., Hu X.T., Li X.J., & Su Y.J. Effect of Biogas Slurry on Photosynthesis, Yield and Quality of Lettuce Grown in Hydroponics Culture. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2017. No. 36(07), pp. 55–59, 85.
35. Wang H.T., Wang Y.Z., Jiang F.X., Dong T.L., & Fu C.C. Effects of Different Concentrations of Chicken Manure Biogas Slurry on Yield and Quality of Chinese Chive in Open Field Cultivation. *Shandong Agricultural Sciences*, 2017. No. 49(08), pp. 86–88.
36. Li S.L., Liu J., Xia Y.Z., & Sun Z.Q. Effect of different biogas slurry fertigation on the nutrient absorption and quality of two leaf vegetables. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, 2014. No. 02, pp. 61–66.
37. He F.W., Cui H.H., Wang W.H., Zhu Q., Chen Z.G., Zhang Q., Zhang A.H., Yao D.J., Kuang S.J., Yang L.P., & Yang X.H. (2020). Effects of Vinasse Biogas Slurry Combined with Chemical Fertilizer on Yield, Quality and Nitrogen Utilization of Chinese Cabbage. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, No. 49(07), pp. 93–100.
38. Chen J.W., Jia L.L., Zhao J.Q., Wang Y.B., Ren G.X., & Yang G.H. Effect of Spraying Biogas Slurry on Apple Yield, Quality and Sucrose Metabolism Enzyme Activity. *Northern Horticulture*, 2017. No. 18, pp. 35–41.
39. Huang C.D., Hu X.S., & Liao X. The advancement of chlorophyll II. (The advancement of chlorophyll). *China Food Additives*, 2007. No. 03, pp. 114–118.
40. Karbivska U., Kurgak V., Gamayunova V., Butenko A., Malynka L., Kovalenko I., Onychko V., Masyk I., Chyrva A., Zakharchenko E., Tkachenko O., Pshychenko O. (2020). Productivity and quality of diverseripe pasture grass fodder depends on the method of soil cultivation. *Acta Agrobotanica*. 2020. No. 73, pp. 1–11. URL: <https://doi.org/10.5586/aa.7334>.
41. Li J.J., Yu X.D., Cai Z.P., Wu F.H., Luo J.J., Zheng L.T., & Chu W.Q. An Overview of Chlorophyll Biosynthesis in Higher Plants. *Molecular Plant Breeding*, 2019. No. 17(18), pp. 6013–6019.
42. Jiang W.B., Gao G.L., Yu K.J., Wang L.J., & Ma K. A Review of Studies on Effect of Water Stress on Photosynthesis and Assimilation Metabolism in Fruit Crops. *Journal of Fruit Science*. 2002. No. 06, pp. 416–420.
43. Wu Y.H., Hao X.S., Cui P., Wang J., Wang X.G., Cheng H., Wang W., Zhang C.H., & Qin Y.H. Effect of Maize Seed Soaking with Biogas Slurry on Germination and Seedling Growth. *China Biogas*, 2017. No. 35(05), pp. 70–74.
44. Wasaya A., Tahir M., Ali H., Hussain M., Yasir T.A., Sher A., Ijaz M., & Sattar A. Influence of varying tillage systems and nitrogen application on crop allometry, chlorophyll contents, biomass production and net

- returns of maize (*Zea mays* L.). *Soil and Tillage Research*, 2017. No. 170, pp. 18–26. DOI: 10.1016/j.still.2017.02.006.
45. Zhang X.J., Zhao Q., & Ning X.G. Effects of Biogas Slurry Fertilizer Application on Growth, Yield and Quality of Potted Cucumber. *Tianjin Agricultural Sciences*, 2020. No. 26(05), pp. 5–8.
46. Kong D.J., He Y.G., Ren G.X., Feng Y.Z., & Ke Y. (2008). Effects of Different Amount of Applied Biogas Fermentation Residues on Photosynthesis Characteristic and Grain Yield of Winter Wheat. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 2008. No. 02, pp. 64–69.
47. Zhao X.M., Wang C.B., Li K.Y., Chen B.H., & Wang F.L. Effect of biogas slurry spraying on leaf photosynthetic characteristics of nectarine *Prunus persica* var. nectarina in solar greenhouse. *Journal of Fruit Science*, 2011. No. 28(04), pp. 680–684.
48. Wang J.Y., Gong W., Bao X.L., Tang H.L., Hu W., & Cou G.J. Coupling effects of water and fertilizer on diurnal variation of photosynthesis of *Zanthoxylum bungeanum* Maxim 'hanyuan' seedling leaf. *Acta Ecologica Sinica*, 2016. No. 36(05), pp. 1321–1330.
49. Singh S.K., Reddy V.R., Fleisher D.H., & Timlin D.J. Relationship between photosynthetic pigments and chlorophyll fluorescence in soybean under varying phosphorus nutrition at ambient and elevated CO<sub>2</sub>. *Photosynthetica*, 2017. No. 55(3), pp. 421–433. DOI: 10.1007/s11099-016-0657-0.
50. Rasool S., Kanth R., Hamid S., Raja W., Alie B., & Dar Z. Influence of Integrated Nutrient Management on Growth and Yield of Sweet Corn (*Zea mays* L. *saccharata*) under Temperate Conditions of Kashmir Valley. *American Journal of Experimental Agriculture*, 2015. No. 7(5), pp. 315–325. DOI: 10.9734/ajea/2015/16159.
51. Wan H.W., Jia L.L., Zhao J.Q., Feng Y.Z., Yang, G.H., & Ren G.X. Effects of topdressing biogas slurry on photosynthesis characteristics of wheat and soil enzyme activities and nutrients. *Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition)*, 2017. No. 45(01), pp. 35–44.
52. Li R., Yu X.B., Gao L., Yang Q.Q., Cui X.B., Li S.Y., & Wang P. Effect of Irrigation of Livestock and Poultry Manure Biogas Slurry Fertilizer on Photosynthesis and Yield of Chili Pepper. *Journal of Tropical Biology*, 2017. No. 8(01), pp. 37–41.
53. Ehleringer J., & Pearcy R.W. Variation in Quantum Yield for CO<sub>2</sub> Uptake among C3 and C4 Plants. *Plant Physiology*, 1983. No. 73(3), pp. 555–559. DOI: 10.1104/pp.73.3.555.
54. Mishanin V.I., Trubitsin B.V., Patsaeva S.V., Ptushenko V.V., Solovchenko A.E., & Tikhonov A.N. Acclimation of shade-tolerant and light-resistant *Tradescantia* species to growth light: chlorophyll a fluorescence, electron transport, and xanthophyll content. *Photosynthesis Research*, 2017. No. 133(1–3), pp. 87–102. DOI: 10.1007/s11120-017-0339-1.
55. Jiao N.Y., Yang M.K., Ning T.Y., Yin F., Xu G.W., Fu G.Z., & Li Y.J. Effects of maize-peanut intercropping and phosphate fertilizer on photosynthetic characteristics and yield of intercropped peanut plants. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2013. No. 37(11), pp. 1010–1017.
56. Sun X.M., Chen S.J., Li Y.H., Gao H.N., Li J.X., & Chen N.L. Effects Of Biogas Slurry Spraying On Leaf Photosynthetic Characteristics Of Maize. *Journal of Gansu Agricultural University*, 2019. No. 54(05), pp. 60–67.
57. Zhang, L.X., Guo Q.S., Chang Q.S., Zhu Z.B., Liu L., & Chen Y.H. Chloroplast ultrastructure, photosynthesis and accumulation of secondary metabolites in *Glechoma longituba* in response to irradiance. *Photosynthetica*, 2015. No. 53(1), pp. 144–153. DOI: 10.1007/s11099-015-0092-7.
58. Li R., Yu X.B., Gao L., Yang Q.Q., Cui X.B., Li S.Y., & Wang P. Effects of Biogas Slurry on Photosynthesis Output of Balsam Pears. *China Biogas*, 2017. No. 35(02), pp. 110–114.
59. Feng W., Guan, T. Wang X.Y., Wang L.G., Wang C.Y., & Guo T.C. Effect of Topdressing Amount of Biogas Slurry on Fluorescence Parameters and Yield of Winter Wheat. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2011. No. 26(02), pp. 157–162.
60. Feng B., & Liu K.C. Effects of Nitrogen Fertilizer on Nitrogen Efficiency and Photosynthesis in Different Summer Maize Cultivars under Close Planting Conditions. *Shandong Agricultural Sciences*, 2018. No. 50(05), pp. 76–80, 86.
61. Liu X.G., Li B.Z., Zhang L.S., Jin H.C., & Feng C.L. Effect of biogas slurry on fruit quality and leaf physiological activity index of Fuji apple. *Acta Agric Boreali-Occident Sin*, 2007. No. 03, pp. 105–108.
62. Xu C., Yu Q., Zuo X.A., Zhang C.P., & Niu D.C. Effects of Nitrogen Addition on Photosynthetic Characteristics of Different Canopy Plants in Grassland. *Journal of Desert Research*, 2019. No. 39(01), pp. 135–141.
63. Kuang H.L., Wang G.B., & Cao F.L. (2016). Influence of Nitrogen Levels on Photosynthesis, Nutrient Elements and Camptothecin Content of *Camptotheca Acuminata*. *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition)*, 2016. No. 40(03), pp. 15–20.
64. Li L.X., Liu J.M., Huang X.L., Wang J.C., Luo C., Liu J.J., & Xiong X. Response characteristic of *Cinnamomum migao* seedling's photosynthesis to CO<sub>2</sub> in different conditions of nitrogen. *Journal of Northeast Agricultural University*, 2017. No. 48(02), pp. 29–36.
65. Ren H.S., Azeem M., Sun J.C., Zhang Z.L., & Yang S.J. Effect of different ratios of biogas slurry and chemical fertilizer on the yield and quality of tomato. *China Cucurbits and Vegetables*, 2020. No. 33(09), pp. 34–38.
66. Feng W., Guan T., Wang Y.H., Guo T.C., Wang C.Y., & Zhu Y.J. Effects of Biogas Slurry Combined with Urea on Photosynthetic Characteristics and Grain Yield of Winter Wheat. *Acta Agronomica Sinica*, 2010. No. 36(08), pp. 1401–1408.
67. Slattery R.A., Van Looke A., Bernacchi C.J., Zhu X.-G., & Ort D.R. Photosynthesis, Light Use Efficiency, and Yield of Reduced-Chlorophyll Soybean Mutants in Field Conditions. *Frontiers in Plant Science*, 2017. No. 8. DOI: 10.3389/fpls.2017.00549.
68. Hryhoriv YaYa., Butenko A.O., Moisiienko V.V., Panchyshyn V.Z., Stotska S.V., Shuvarl A., Kriuchko L.V., Zakharchenko E.A., Novikova A.V. Photosynthetic activity of *Camelina sativa* plants depending on technological measures of growing under conditions of

- Precarpathians of Ukraine. *Modern Phytomorphology*, 15: 2–2, 2021.
69. Zhao H.J., Zou Q., Guo T.C., Yu Z.W., & Wang Y.H. Regulating Effects of Density and Top – dressing Time of Nitrogen on Characteristics of Radiation Transmission and Photosynthesis in Canopy of Massive-spike Winter Wheat Variety L906. *Acta Agronomica Sinica*, 2002. No. 02, pp. 270–277.
70. Tian J.C., Chen J.S., Wang Y.X., & Zhang Y.X. Effects of Delayed-nitrogen Application on Grain Yield and Photosynthetic Characteristics in Flag Leaves of Wheat Cultivars. *Scientia Agricultura Sinica*, 2001. No. 01, pp. 101–103.
71. Kong D.J., Liu N.N., G.H.Y., Feng Y.Z., & Ren G.X. Characteristic and Grain Yield in Winter Wheat of Semi-arid Area of China. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 2009. No. 18(01), pp. 117–122.
72. Lu L.Y., Luo A.H., Xie K.Z., & Wang Y.H. Effect of Biogas Slurry on Photosynthetic Parameters and Storage Quality of Longshu No. 5 Potato. *China Biogas*, 2011. No. 29(03), pp. 28–30, 28.
73. Cao Y., Wang J., Wu H., Yan S., Guo D., Wang G., & Ma Y. Soil chemical and microbial responses to biogas slurry amendment and its effect on Fusarium wilt suppression. *Applied Soil Ecology*, 2016. No. 107. DOI: 10.1016/j.apsoil.2016.05.010.
74. Garg R.N., Pathak H., Das D.K., & Tomar R.K. Use of Flyash and Biogas Slurry for Improving Wheat Yield and Physical Properties of Soil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2005. No. 107(1-3), pp. 1–9. DOI: 10.1007/s10661-005-2021-x.
75. Huang J.Y., Wu Z.W., Gao L.F., X I.F.T., Ma Y.H., & Zheng B. Effects of biogas slurry on soil quality and yield quality of Chinese cabbage *Journal of Anhui Agricultural University*, 2013. No. 40(05), pp. 849–854.
76. Kharchenko O., Zakharchenko E., Kovalenko I., Prasol V., Pshychenko O., Mishchenko Y. On problem of establishing the intensity level of crop variety and its yield value subject to the environmental conditions and constraints. *AgroLife Scientific Journal*, 2019. No. 8(1), pp. 113–119.
77. Zhang X., Zhao J., Yuan G., Tang Y. F., & Han J.G. Effects of repeated biogas slurry application on soil quality and bacterial community composition under wheat-rice rotation on a coastal reclaimed farmland. *Fresenius Environmental Bulletin*, 2021. No. 30 (6B), pp. 7767–7779.
78. Koszel M., & Lorencowicz E. (2015). Agricultural Use of Biogas Digestate as a Replacement Fertilizers. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 2015. No. 7, pp. 119–124. DOI: 10.1016/j.aaspro.2015.12.004.
79. Dong J.J., Ying X.C., Xu J., Shen X.P., Fei Y.Y., Shi H.L., Ma Y.T., Shen T., Huang J., & Jiang D. Effect of chemical fertilizers substitution by biogas slurry on the growth of rice. *An-hui Agricultural Science Bulletin*, 2017. No. 23(04), pp. 39–41, 44.
80. Huang H.Y., Cao J.L., Chang Z.Z., & Cao Y. Effects of digested pig slurry application on yields, nitrogen and phosphorous up takes by rice and wheat. *Soils*, 2013. No. 45(03), pp. 412–418.
81. Wei B.M., Han J.C., Wang H.Y., Zhang Y., Sun Y.-Y., Li Z.H., & Sun X.B. Effect of biogas slurry irrigation concentration on the calcareous soil properties and pepper growth. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, 2017. No. 02), pp. 42–47.
82. Meng Q.B., Zhang J.W., Ma W.C., Feng Q., & Li Q. Effects of Biogas Slurry Fertilizer on Growth and Development Fruit Quality and Yield of Chili. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2020. No. 48(23), pp. 190–193.
83. Zheng X.B., Fan J.B., Zhou J., & He Y.Q. Effects of Combined Application of Biogas Slurry and Chemical Fertilizer on Soil Nutrients and Peanut Yield in Upland Red Soil. *Acta Pedologica Sinica*, 2016. No. 53(03), pp. 675–684.
84. Zhang F.M., Hu S.B., Kang K., Huang H.B., Yang H., Li C., & Li T.S. Effect of highly efficient biogas slurry fertilizer on greenhouse tomatoes. *Journal of Northwest A&F University (Natural Sciences Edition)*, 2013. No. 41(06), pp. 75–78, 84.
85. Liu Y.G., Wang X.Y., Shi Q., & Liu D.J. The Effect of Biogas Slurry on Biological Property and Yield of Processing Tomato. *China Biogas*, 2013. No. 31(03), pp. 58–60.
86. Jia L.L., Zhao J.Q., Yang C.L., Liu L.Q., Chen J.W., Yang G.H., & Ren G.X. Effect of Topdressing Biogas Fertilizer on Growth, Yield and Quality of Tomato. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 2017. No. 26(06), pp. 897–905.
87. Song Y.L., Yu J., Chen S.G., Xiao C.Z., Li Y.H., Su X.R., & Ding F.J. Effects of Reduced Chemical Fertilizer with Application of Bio-organic Fertilizer on Rape Growth, Microorganism and Enzymes Activities in Soil. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2018. No. 32(01), pp. 352–360.
88. Cui Y.X., Azeem M., Sun J.C., Zhang Z.L., & Yang S.J. Effects of Biogas Slurry Combined with Chemical Fertilizer on Soil Chemical Properties and Corn Yield and Quality. *Shandong Agricultural Sciences*, 2020. No. 52(05), pp. 77–81.
89. Wang G.L., Zhang J.H., Wang S.H., Kou X.M., Xu R., Han G.M., Tang H.J., Zhu L.Y., Bi J.H., & Wu L.M. Effects of chemical fertilizer nitrogen substitution by biogas slurry on yield, quality and growth characteristics of winter wheat. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 2018. No. 35(05), pp. 467–475.
90. Li Y.Q., Sheng K., Peng S.J., Meng Z.W., & Dong Z.R. Effects of Biogas Slurry on Wheat Yield and the Physical and Chemical Properties of Soil. *Chinese Agricultural Science Bulletin*. 2014. No. 30(12), pp. 181–186.
91. Feng W., Hou C.C., Liu D.Y., Xie Y.X., Wang C.Y., & Guo T.C. Effects of Combined Application of Biogas Slurry and Chemical Fertilizer on Grain Quality Characters and Yield of Winter Wheat. *Journal of Triticeae Crops*, 2013. No. 33(03), pp. 520–525.
92. Kharchenko O., Petrenko S., Sobko M., Medvid S., Zakharchenko E., Pshychenko O. Models of quantitative estimation of sowing density effect on maize yield and its dependence on weather conditions. *Scientific papers. Series A. Agronomy*. 2021. V. LXIV, No. 2. Pp. 224–231.
93. Wang G.L., Kou X.M., Zhang J.H., Wang S.H., Xu R., Han G.M., Tang H.J., Zhu L.Y., Bi J.H., & Wu L.M. Effect of chemical fertilizer nitrogen substitution by biogas slurry on the growth and quality of rice. *Chinese Journal of Ecology*, 2018. No. 37(09), pp. 2672–2679.



94. Chen N.L., Mao H.H., Chen S.J., Wei Y.Z., & Fang S.Y. Effect of biogas slurry foliar spraying on leaf photosynthesis characteristics, fruit yield and quality of pepino in greenhouse. *China Cucurbits and Vegetables*, 2021. No. 34(04), pp. 88–93.
95. Tang W., Wu J., Sun B.Y., Yang G., & Yang Q. Effects of Application Amounts of Biogas Slurry on Yield and Quality of Rice. *Journal of Agro-Environment Science*, 2010. No. 29(12), pp. 2268–2273.
96. Mao X.Y., Wu J., Meng X.X., Wei K., Zhang Z.H., Lai X., & Xiao H. Effects of Biogas Slurry on Yield, Quality and Control on the Disease and Pest of Leaf Mustard. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2017. No. 32(S1), pp. 283–289.
97. Dong J.G., Zhang B., & Su D. (2018). Effects of combined application of biogas manure and chemical fertilizer on the yield and quality of strawberry. *Chinese Horticulture Abstract*, 2018. No. 34(05), pp. 9–11.
98. Xu P.Z., Huang J.C., Peng Z.P., Yu J.H., Lin Z.J., Yang L.X., & Wu X.N. Effects of biogas slurry application on yield, quality and nutrient absorption of Chinese cabbage. *Journal of Guangdong Agricultural Sciences*, 2014. No. 41(07), pp. 71–73.
99. Yang Y.Q., Chen L.H., Zhou S.J., Liu C.L., Zhang J.H., Wang Q., Zhang W.D., Zhao X.L., Yi F., Wang C.M., Liu J., Yang H., & Liu S.Q. Experimental Study on Bio-slurry and Chemical Fertilizer on Planting Cabbage. *Journal of Yunnan Normal University (Natural Sciences Edition)*, 2016. No. 36(03), pp. 17–22.
100. Wang J.Q., Gu D.Y., Yu X.D., Cui X.M., Lou Y.H., Chu Y., Wang C.L., & Zhuge Y.P. Application effects of biogas slurry partly substituting for chemical fertilizer on autumn tomato production in winter-solar greenhouse. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2019. No. 30(01), pp. 243–250.
101. Li Y., & Zhang Z. Effect of Biogas slurry on Tomato Quality. *China Biogas*. 2001. No. 01, pp. 37–39, 45.
102. Xie J.H., Chen G., Yuan Q.X., Lin G.Y., Wang Z.S., Guo C.Y., & Zhong H. Effects of combined application of biogas residues and chemical fertilizers on greenhouse tomato's growth and its fruit yield and quality. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2010. No. 21(09), pp. 2353–2357.
103. Gao W., Tao X.T., Wang Y.L., Quan X., Xu X., Lu J.F., & Zhuang H.Y. Effects of combined applications of pig farm slurry and chemical fertilizer on medium- and micro-element contents and quality of wheat. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2014. No. 25(02), pp. 433–440.
104. Li Y.Q., Lin Z.A., Wen Y.C., Che S.G., Sun W.Y., & Zhao B.Q. Effects of combined application of chemical fertilizers with different sources of organic manure on the grain quality of winter wheat. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2016. No. 22(06), pp. 1513–1522.
105. Zang Y.F., Hao M.D., Zhang L.Q., & Zhang H.Q. Effects of wheat cultivation and fertilization on soil microbial biomass carbon, soil microbial biomass nitrogen and soil basal respiration in 26 years. *Acta Ecologica Sinica*, 2015. No. 35(05), pp. 1445–1451.
106. Wu X.J., Tian J., Sun C., Lu P., & Li F. Effects of Microbial Fertilizer on Yield and Quality of Apple in Old Orchards of Luochuan. *Shandong Agricultural Sciences*, 2018. No. 50(07), pp. 121–125.

## REFERENCES:

1. Wu H.B., Liu D.C., & Xu J.F. (2015). Chemical Constituents of Biogas Slurry. *Nat Prod Res Dev*, 27(01), 18–21.
2. Zhu Y.L., Na W., Xi D.B., & Zhao X.Y. (2012). Effects of Application of Biogas Slurry of Pig Dung on Physical and Chemical Properties of Soil. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 40(31), 15202–15203, 15213.
3. Zhang Z., Tang H., & Guo Y.J. (2015). Simulation study of nutrient leaching from soils irrigated with biogas slurry under different environmental temperatures. *Acta Prataculturae Sinica*, 24(04), 57–65.
4. Chen W., Meng H.Y., & Wang Y.J. (2014). Study on Nutrient Contents and Security of Biogas Residue and Fluid. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 42(23), 7960–7962.
5. Shen Q.L., Shan S.D., Zhou J.J., & Wang Z.R. (2014). Determination and Analysis of Compositions in Biogas Slurry Produced by Swine Manure Digestion. *China Biogas*, 32(03), 83–86.
6. Tao X.T., Zhu Z.J., Gao W., Miu C.Y., Wang, Y.L., Huang L.F., Zhuang H.Y., & Lu J.F. (2014). Nitrogen uptake and utilization in wheat as influenced by pig slurry from large-scale pig farm. *Journal of Agro-Environment Science*, 33(03), 555–561.
7. Li H., Luo N., Ma J., Li N.Y., Chen X.J., Shen A.L., Guo B., & Fu Q.L. (2019). Research progress on the impact of biogas slurry irrigation on soil and environment of farmland. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 60(08), 1317–1321.
8. Chen Y., Yang G.H., Feng Y.Z., Ren G.X., & Li Y.B. (2010). Comprehensive evaluation of biogas ecosystem modes. *Transactions of the CSAE*, 26(02), 274–279.
9. Sui H.L., Chen X.F., Qin N., Wang G.H., Xu K.M., & Ai P. (2016). Effects of Drip Irrigation with Biogas Slurry on Yield and Quality of Tomato and Physical and Chemical Properties of Soil. *Shandong Agricultural Sciences*, 48(02), 80–84.
10. Duan G.L., Zhang H.M., Liu Y.X., Jia Y., Hu Y., & Cheng W.D. (2012). Long-term fertilization with pig-biogas residues results in heavy metal accumulation in paddy field and rice grains in Jiaying of China. *Soil Science and Plant Nutrition*, 58(5), 637–646. DOI: 10.1080/00380768.2012.726597.
11. Liu W.K., Yang Q.-C., & Du L. (2009). Soilless cultivation for high-quality vegetables with biogas manure in China: Feasibility and benefit analysis. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 24(4), 300–307. DOI: 10.1017/S1742170509990081.
12. Zirkler D., Peters A., & Kaupenjohann M. (2014). Elemental composition of biogas residues: Variability and alteration during anaerobic digestion. *Biomass and Bioenergy*, 67, 89–98. DOI: 10.1016/j.biombioe.2014.04.021.
13. Jiao X.X., Zhu J.N., Li Y.P., Zhang X.C., Pang Z.P., Tang Y., Zhang J.T., & Ji Z.S. (2018). Effects of Different Concentration of Drip Irrigation with Biogas Slurry on Facility Tomato Growth. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 46(11), 1834–1837.
14. Kang Y.X., Zheng Y.X., & Li Q.F. (2019). Effects of Combined Use of Biogas Slurry and Nitrogen Fertilizer on Yield and Quality of *Taraxacum mongolicum*. *Journal of Changjiang Vegetables*, (16), 74–77.

15. Jian Z., Fei Y., Biao M., Peng P.Z., Jiang F.Z., & Wei R.H. (2019). Using Biogas Slurry to Regulate Growth, Field and Fruit Quality of Greenhouse Tomato and Nitrogen Dynamics in Root Zone. *Journal of Irrigation and Drainage*, 38(07), 23–31.
16. Yun Z.G., Min T.G., Hua Z.X., & Guang B.M. (2019). Research Progress on Resource Utilization of Biogas Residue and Biogas Slurry in China. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 47(10), 1857–1860.
17. Liao Q., Wei G.P., Jiang Z., Xing Y., Huang D. L., & Li Y.R. (2014). Research Progress on Resource Utilization of Livestock and Poultry Manure. *Agricultural Science & Technology*, 15(01), 105–110.
18. Nie, Y., & Zeng, X. (2013). Composition Analysis of Biogas Slurry Fermented from Pig Manure. *Journal of Anhui Agri*, 41(28), 11467–11468, 11542.
19. Li Y.W., Qu Y.-H., Xu Y.-L., Han Y.X., & Lin C. (2012). Change of Nutrition Contents of Biogas Slurry with Different Fermentation Raw Materials. *China Biogas*, 30(03), 17–20, 24.
20. Han C.Y., Wang C.H., Tian C.L., Wang X.Z., Gao H.M., & Wang L.H. (2017). *Northern Horticulture*, (03), 61–65.
21. Xie H.Y., Dong R.J., Wu S.B., Yang S.J., & Yang J.X. (2018). Effect of biogas slurry combined with chemical fertilizer on the yield and quality of tomato growth in greenhouse. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, (03), 108–115.
22. Chen G., Zhao G.H., Zhang H.M., Shen Y.Q., Fei H.B., & Cheng, W.D. (2017). Biogas slurry use as N fertilizer for two-season *Zizania aquatica* Turcz. in China. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 107(3), 303–320. DOI: 10.1007/s10705-017-9831-4.
23. França A.A., Tucher S., Urschmidhalter. (2021). Effects of combined application of acidified biogas slurry and chemical fertilizer on crop production and N soil fertility. *European Journal of Agronomy*, 123, 126224. DOI: 10.1016/j.eja.2020.126222
24. Rahaman M.A., Zhan X., Zhang Q., Li S.Q., Lv H., Long Y., & Zeng, H. (2020). Ammonia Volatilization Reduced by Combined Application of Biogas Slurry and Chemical Fertilizer in Maize–Wheat Rotation System in North China Plain. *Sustainability*, 12(11), 4400. DOI: 10.3390/su12114400.
25. Xu M., Xian Y., Wu J., Gu Y., Yang G., Zhang X., Peng H., Yu X., Xiao Y., & Li L. (2019). Effect of biogas slurry addition on soil properties, yields, and bacterial composition in the rice-rape rotation ecosystem over 3 years. *Journal of Soils and Sediments*, 19, 2534–2542. DOI: 10.1007/s11368-019-02258-x.
26. Huang J.C., Xu P.Z., Peng Z.P., Jun Hong Yu, Tu Y., Yang L.X., Wu X.N., & Lin Z.J. (2016). Biogas slurry use amount for suitable soil nutrition and biodiversity in paddy soil. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer*, 22(02), 362–371.
27. Hou F.Y., Chen Y.J., Yang Z.Q., Jin C.F., Shi K., Chen C.K., Feng G. N., & Li H.S. (2019). Effects of biogas slurry produced from swine manure substituting for urea applied on growth traits, yield and forage quality of indica rice. *Journal of Southern Agriculture*, 50(06), 1197–1203.
28. Ai J.G., Meng Y., Yu L., Gu W.R., Li J., Zeng F.X., & Wei S. (2015). Effects of combined application of biogas manure and chemical fertilizer on leaf photosynthesis, yield and quality of spring maize in Northeast of China. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, (04), 59–65.
29. Lal C.M., Shakeel A.K., & Navindu G. (2015). Impacts of biogas slurry application on soil environment, yield and nutritional quality of baby corn. *Vegetos*, 28, 194–202.
30. Gao C.H., El-Sawah A.M., Ali, D. F. I., Hamoud, Y. A., Shaghaleh, H., Sheteiwy, M. S. (2020). The Integration of Bio and Organic Fertilizers Improve Plant Growth, Grain Yield, Quality and Metabolism of Hybrid Maize (*Zea mays* L.). *Agronomy*, 10(3), 319. DOI: 10.3390/agronomy10030319.
31. Abbas A., Naveed M., Azeem M., Yaseen M., Ullah R., Alamri S., Farooq Q. u. A., & Siddiqui M.H. (2020). Efficiency of Wheat Straw Biochar in Combination with Compost and Biogas Slurry for Enhancing Nutritional Status and Productivity of Soil and Plant. *Plants*, 9(11), 1516. DOI: 10.3390/plants9111516.
32. Mdlambuzi T., Muchaonyerwa P., Tsubo M., & E. Moshia M. (2021). Nitrogen fertiliser value of biogas slurry and cattle manure for maize (*Zea mays* L.) production. *Heliyon*, 7(5), e07077.
33. Zhao Z.C., Xin S.R., Zhang H.L., Shan H.T., Guo B., Yang Z.T., & Yao L. (2020). Effect of Vegetable Waste Biogas Slurry on Yield and Quality of Substrate Cultivated Lettuce. *China Biogas*, 38(03), 82–85.
34. Yang X., Wang W.E., Hu X.T., Li X.J., & Su Y.J. (2017). Effect of Biogas Slurry on Photosynthesis, Yield and Quality of Lettuce Grown in Hydroponics Culture. *Journal of Irrigation and Drainage*, 36(07), 55–59, 85.
35. Wang H.T., Wang Y.Z., Jiang F.X., Dong T.L., & Fu C.C. (2017). Effects of Different Concentrations of Chicken Manure Biogas Slurry on Yield and Quality of Chinese Chive in Open Field Cultivation. *Shandong Agricultural Sciences*, 49(08), 86–88.
36. Li S.L., Liu J., Xia Y.Z., & Sun Z.Q. (2014). Effect of different biogas slurry fertigation on the nutrient absorption and quality of two leaf vegetables. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, (02), 61–66.
37. He F.W., Cui H.H., Wang W.H., Zhu Q., Chen Z.G., Zhang Q., Zhang A.H., Yao D.J., Kuang S.J., Yang L.P., & Yang X.H. (2020). Effects of Vinasse Biogas Slurry Combined with Chemical Fertilizer on Yield, Quality and Nitrogen Utilization of Chinese Cabbage. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 49(07), 93–100.
38. Chen J.W., Jia L.L., Zhao J.Q., Wang Y.B., Ren G.X., & Yang G.H. (2017). Effect of Spraying Biogas Slurry on Apple Yield, Quality and Sucrose Metabolism Enzyme Activity. *Northern Horticulture*, (18), 35–41.
39. Huang C.D., Hu X.S., & Liao X. (2007). The advancement of chlorophyll. (The advancement of chlorophyll). *China Food Additives*, (03), 114–118.
40. Karbivska U., Kurgak V., Gamayunova V., Butenko A., Malynka L., Kovalenko I., Onychko V., Maslyk I., Chyryva A., Zakharchenko E., Tkachenko O., Pshychenko O. (2020). Productivity and quality of diverseripe pasturegrass fodder depends on the method of soil cultivation. *Acta Agrobotanica*. 73: 1–11. Retrieved from: <https://doi.org/10.5586/aa.7334>.
41. Li J.J., Yu X.D., Cai Z.P., Wu F.H., Luo J.J., Zheng L.T., & Chu W.Q. (2019). An Overview of Chlorophyll Biosynthesis in Higher Plants. *Molecular Plant Breeding*, 17(18), 6013–6019.

42. Jiang W.B., Gao G.L., Yu K.J., Wang L.J., & Ma K. (2002). A Review of Studies on Effect of Water Stress on Photosynthesis and Assimilation Metabolism in Fruit Crops. *Journal of Fruit Science*, (06), pp. 416–420.
43. Wu Y.H., Hao X.S., Cui P., Wang J., Wang X.G., Cheng H., Wang W., Zhang C.H., & Qin Y.H. (2017). Effect of Maize Seed Soaking with Biogas Slurry on Germination and Seedling Growth. *China Biogas*, 35(05), 70–74.
44. Wasaya A., Tahir M., Ali H., Hussain M., Yasir T.A., Sher A., Ijaz M., & Sattar A. (2017). Influence of varying tillage systems and nitrogen application on crop allometry, chlorophyll contents, biomass production and net returns of maize (*Zea mays* L.). *Soil and Tillage Research*, 170, 18–26. DOI: 10.1016/j.still.2017.02.006.
45. Zhang X.J., Zhao Q., & Ning X.G. (2020). Effects of Biogas Slurry Fertilizer Application on Growth, Yield and Quality of Potted Cucumber. *Tianjin Agricultural Sciences*, 26(05), 5–8.
46. Kong D.J., He Y.G., Ren G.X., Feng Y.Z., & Ke Y. (2008). Effects of Different Amount of Applied Biogas Fermentation Residues on Photosynthesis Characteristic and Grain Yield of Winter Wheat. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, (02), 64–69.
47. Zhao X.M., Wang C.B., Li K.Y., Chen B.H., & Wang F.L. (2011). Effect of biogas slurry spraying on leaf photosynthetic characteristics of nectarine *Prunus persica* var. nectarina in solar greenhouse. *Journal of Fruit Science*, 28(04), 680–684.
48. Wang J.Y., Gong W., Bao X.L., Tang H.L., Hu W., & Cou G.J. (2016). Coupling effects of water and fertilizer on diurnal variation of photosynthesis of *Zanthoxylum bungeanum* Maxim 'hanyuan' seedling leaf. *Acta Ecologica Sinica*, 36(05), 1321–1330.
49. Singh S.K., Reddy V.R., Fleisher D.H., & Timlin D.J. (2017). Relationship between photosynthetic pigments and chlorophyll fluorescence in soybean under varying phosphorus nutrition at ambient and elevated CO<sub>2</sub>. *Photosynthetica*, 55(3), 421–433. DOI: 10.1007/s11099-016-0657-0.
50. Rasool S., Kanth R., Hamid S., Raja W., Alie B., & Dar Z. (2015). Influence of Integrated Nutrient Management on Growth and Yield of Sweet Corn (*Zea mays* L. *saccharata*) under Temperate Conditions of Kashmir Valley. *American Journal of Experimental Agriculture*, 7(5), 315–325. DOI: 10.9734/ajea/2015/16159.
51. Wan H.W., Jia L.L., Zhao J.Q., Feng Y.Z., Yang G.H., & Ren G.X. (2017). Effects of topdressing biogas slurry on photosynthesis characteristics of wheat and soil enzyme activities and nutrients. *Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition)*, 45(01), 35–44.
52. Li R., Yu X.B., Gao L., Yang Q.Q., Cui X.B., Li S.Y., & Wang P. (2017). Effect of Irrigation of Livestock and Poultry Manure Biogas Slurry Fertilizer on Photosynthesis and Yield of Chilli Pepper. *Journal of Tropical Biology*, 8(01), 37–41.
53. Ehleringer J., & Pearcy R.W. (1983). Variation in Quantum Yield for CO<sub>2</sub> Uptake among C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> Plants. *Plant Physiology*, 73(3), 555–559. DOI: 10.1104/pp.73.3.555
54. Mishanin V.I., Trubitsin B.V., Patsaeva S.V., Ptushenko V.V., Solovchenko A.E., & Tikhonov A.N. (2017). Acclimation of shade-tolerant and light-resistant *Tradescantia* species to growth light: chlorophyll a fluorescence, electron transport, and xanthophyll content. *Photosynthesis Research*, 133(1–3), 87–102. DOI: 10.1007/s11120-017-0339-1.
55. Jiao N.Y., Yang M.K., Ning T.Y., Yin F., Xu G.W., Fu G.Z., & Li Y. J. (2013). Effects of maize-peanut intercropping and phosphate fertilizer on photosynthetic characteristics and yield of intercropped peanut plants *Chinese Journal of Plant Ecology*, 37(11), 1010–1017.
56. Sun X.M., Chen S.J., Li Y.H., Gao H.N., Li J.X., & Chen N.L. (2019). Effects Of Biogas Slurry Spraying On Leaf Photosynthetic Characteristics Of Maize. *Journal of Gansu Agricultural University*, 54(05), 60–67.
57. Zhang L.X., Guo Q.S., Chang Q.S., Zhu Z.B., Liu L., & Chen Y.H. (2015). Chloroplast ultrastructure, photosynthesis and accumulation of secondary metabolites in *Glechoma longituba* in response to irradiance. *Photosynthetica*, 53(1), 144–153. DOI: 10.1007/s11099-015-0092-7.
58. Li R., Yu X.B., Gao L., Yang Q.Q., Cui X.B., Li S.Y., & Wang P. (2017). Effects of Biogas Slurry on Photosynthesis Output of Balsam Pears. *China Biogas*, 35(02), 110–114.
59. Feng W., Guan T., Wang X.Y., Wang L.G., Wang C.Y., & Guo T.C. (2011). Effect of Topdressing Amount of Biogas Slurry on Fluorescence Parameters and Yield of Winter Wheat. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 26(02), 157–162.
60. Feng B., & Liu K.C. (2018). Effects of Nitrogen Fertilizer on Nitrogen Efficiency and Photosynthesis in Different Summer Maize Cultivars under Close Planting Conditions. *Shandong Agricultural Sciences*, 50(05), 76–80, 86.
61. Liu X.G., Li B.Z., Zhang L.S., Jin H.C., & Feng C.L. (2007). Effect of biogas slurry on fruit quality and leaf physiological activity index of Fuji apple. *Acta Agric Boreali-Occident Sin*, (03), 105–108.
62. Xu C., Yu Q., Zuo X.A., Zhang C.P., & Niu D.C. (2019). Effects of Nitrogen Addition on Photosynthetic Characteristics of Different Canopy Plants in Grassland. *Journal of Desert Research*, 39(01), 135–141.
63. Kuang H.L., Wang G.B., & Cao F.L. (2016). Influence of Nitrogen Levels on Photosynthesis, Nutrient Elements and Camptothecin Content of *Camptotheca Acuminata*. *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition)*, 40(03), 15–20.
64. Li L.X., Liu J.M., Huang X.L., Wang J.C., Luo C., Liu J.J., & Xiong X. (2017). Response characteristic of *Cinnamomum migao* seedling's photosynthesis to CO<sub>2</sub> in different conditions of nitrogen. *Journal of Northeast Agricultural University*, 48(02), 29–36.
65. Ren H.S., Azeem M., Sun J.C., Zhang Z.L., & Yang S.J. (2020). Effect of different ratios of biogas slurry and chemical fertilizer on the yield and quality of tomato. *China Cucurbits and Vegetables*, 33(09), 34–38.
66. Feng W., Guan T., Wang Y.H., Guo T.C., Wang C.Y., & Zhu Y.J. (2010). Effects of Biogas Slurry Combined with Urea on Photosynthetic Characteristics and Grain Yield of Winter Wheat. *Acta Agronomica Sinica*, 36(08), 1401–1408.

67. Slattery R.A., Van Looke A., Bernacchi C.J., Zhu X.-G., & Ort D.R. (2017). Photosynthesis, Light Use Efficiency, and Yield of Reduced-Chlorophyll Soybean Mutants in Field Conditions. *Frontiers in Plant Science*, 8. DOI: 10.3389/fpls.2017.00549.
68. Hryhoriv Ya.Ya., Butenko A.O., Moisiienko V.V., Panchyshyn V.Z., Stotska S.V., Shuvarl A., Kriuchko L.V., Zakharchenko E.A., Novikova A.V. Photosynthetic activity of *Camelina sativa* plants depending on technological measures of growing under conditions of Precarpathians of Ukraine. *Modern Phytomorphology*, 15: 2–2, 2021.
69. Zhao H.J., Zou Q., Guo T.C., Yu Z.W., & Wang Y.H. (2002). Regulating Effects of Density and Top-dressing Time of Nitrogen on Characteristics of Radiation Transmission and Photosynthesis in Canopy of Massive-spike Winter Wheat Variety L906. *Acta Agronomica Sinica*, (02), 270–277.
70. Tian J.C., Chen J.S., Wang Y.X., & Zhang, Y. X. (2001). Effects of Delayed-nitrogen Application on Grain Yield and Photosynthetic Characteristics in Flag Leaves of Wheat Cultivars. *Scientia Agricultura Sinica* (01), 101–103.
71. Kong D.J., Liu N.N., G.H.Y., Feng Y.Z., & Ren G.X. (2009). Characteristic and Grain Yield in Winter Wheat of Semi-arid Area of China. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 18(01), 117–122.
72. Lu L.Y., Luo A.H., Xie K.Z., & Wang Y.H. (2011). Effect of Biogas Slurry on Photosynthetic Parameters and Storage Quality of Longshu No. 5 Potato. *China Biogas*, 29(03), 28–30, 28.
73. Cao Y., Wang J., Wu H., Yan S., Guo D., Wang G., & Ma Y. (2016). Soil chemical and microbial responses to biogas slurry amendment and its effect on Fusarium wilt suppression. *Applied Soil Ecology*, 107. DOI: 10.1016/j.apsoil.2016.05.010.
74. Garg R.N., Pathak H., Das D.K., & Tomar R.K. (2005). Use of Flyash and Biogas Slurry for Improving Wheat Yield and Physical Properties of Soil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 107(1–3), 1–9. DOI: 10.1007/s10661-005-2021-x.
75. Huang J.Y., Wu Z.W., Gao L.F., X I.F.T., Ma Y.H., & Zheng B. (2013). Effects of biogas slurry on soil quality and yield quality of Chinese cabbage *Journal of Anhui Agricultural University*, 40(05), 849–854.
76. Kharchenko O., Zakharchenko E., Kovalenko I., Prasol V., Pshychenko O., Mishchenko Y. (2019). On problem of establishing the intensity level of crop variety and its yield value subject to the environmental conditions and constraints. *AgroLife Scientific Journal*, 8(1), 113–119.
77. Zhang X., Zhao J., Yuan G., Tang Y.F., & Han J.G. (2021). Effects of repeated biogas slurry application on soil quality and bacterial community composition under wheat-rice rotation on a coastal reclaimed farmland. *Fresenius Environmental Bulletin*, 30 (6B), 7767–7779.
78. Koszel M., & Lorencowicz E. (2015). Agricultural Use of Biogas Digestate as a Replacement Fertilizers. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 7, 119–124. DOI: 10.1016/j.aaspro.2015.12.004.
79. Dong J.J., Ying X.C., Xu J., Shen X.P., Fei Y.Y., Shi H.L., Ma Y.T., Shen T., Huang J., & Jiang D. (2017). Effect of chemical fertilizers substitution by biogas slurry on the growth of rice. *An-hui Agricultural Science Bulletin*, 23(04), 39–41, 44.
80. Huang H.Y., Cao J.L., Chang Z.Z., & Cao Y. (2013). Effects of digested pig slurry application on yields, nitrogen and phosphorous up takes by rice and wheat. *Soils*, 45(03), 412–418.
81. Wei B.M., Han J.C., Wang H.Y., Zhang Y., Sun Y.-Y., Li, Z.H., & Sun X.B. (2017). Effect of biogas slurry irrigation concentration on the calcareous soil properties and pepper growth. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, (02), 42–47.
82. Meng Q.B., Zhang J.W., Ma W.C., Feng Q., & Li Q. (2020). Effects of Biogas Slurry Fertilizer on Growth and Development Fruit Quality and Yield of Chili. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 48(23), 190–193.
83. Zheng X.B., Fan J.B., Zhou J., & He Y.Q. (2016). Effects of Combined Application of Biogas Slurry and Chemical Fertilizer on Soil Nutrients and Peanut Yield in Upland Red Soil. *Acta Pedologica Sinica*, 53(03), 675–684.
84. Zhang F.M., Hu S.B., Kang K., Huang H.B., Yang H., Li C., & Li T. S. (2013). Effect of highly efficient biogas slurry fertilizer on greenhouse tomatoes. *Journal of Northwest A&F University (Natural Sciences Edition)*, 41(06), 75–78, 84.
85. Liu Y.G., Wang X.Y., Shi Q., & Liu D.J. (2013). The Effect of Biogas Slurry on Biological Property and Yield of Processing Tomato. *China Biogas*, 31(03), 58–60.
86. Jia L.L., Zhao J.Q., Yang C.L., Liu L.Q., Chen J.W., Yang G.H., & Ren G.X. (2017). Effect of Topdressing Biogas Fertilizer on Growth, Yield and Quality of Tomato. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 26(06), 897–905.
87. Song Y.L., Yu J., Chen S.G., Xiao C.Z., Li Y.H., Su X.R., & Ding F.J. (2018). Effects of Reduced Chemical Fertilizer with Application of Bio-organic Fertilizer on Rape Growth, Microorganism and Enzymes Activities in Soil. *Journal of Soil and Water Conservation*, 32(01), 352–360.
88. Cui Y.X., Azeem M., Sun J.C., Zhang Z.L., & Yang S.J. (2020). Effects of Biogas Slurry Combined with Chemical Fertilizer on Soil Chemical Properties and Corn Yield and Quality. *Shandong Agricultural Sciences*, 52(05), 77–81.
89. Wang G.L., Zhang J.H., Wang S.H., Kou X.M., Xu R., Han G.M., Tang H.J., Zhu L.Y., Bi J.H., & Wu L.M. (2018). Effects of chemical fertilizer nitrogen substitution by biogas slurry on yield, quality and growth characteristics of winter wheat. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 35(05), 467–475.
90. Li Y.Q., Sheng K., Peng S.J., Meng Z.W., & Dong Z.R. (2014). Effects of Biogas Slurry on Wheat Yield and the Physical and Chemical Properties of Soil. *Chinese Agricultural Science Bulletin*. 30(12):181–186
91. Feng W., Hou C.C., Liu D.Y., Xie Y.X., Wang C.Y., & Guo T.C. (2013). Effects of Combined Application of Biogas Slurry and Chemical Fertilizer on Grain Quality Characters and Yield of Winter Wheat. *Journal of Triticeae Crops*, 33(03), 520–525.
92. Kharchenko O., Petrenko S., Sobko M., Medvid S., Zakharchenko E., Pshychenko O. (2021). Models of quantitative estimation of sowing density effect on

- maize yield and its dependence on weather conditions. Scientific papers. Series A. Agronomy. V. LXIV, No. 2. Pp. 224–231.
93. Wang G.L., Kou X.M., Zhang J.H., Wang S.H., Xu R., Han G.M., Tang H.J., Zhu L.Y., Bi J.H., & Wu L.M. (2018). Effect of chemical fertilizer nitrogen substitution by biogas slurry on the growth and quality of rice. *Chinese Journal of Ecology*, 37(09), 2672–2679.
  94. Chen N.L., Mao H.H., Chen S.J., Wei Y.Z., & Fang S.Y. (2021). Effect of biogas slurry foliar spraying on leaf photosynthesis characteristics, fruit yield and quality of pepino in greenhouse. *China Cucurbits and Vegetables*, 34(04), 88–93.
  95. Tang W., Wu J., Sun B.Y., Yang G., & Yang Q. (2010). Effects of Application Amounts of Biogas Slurry on Yield and Quality of Rice. *Journal of Agro-Environment Science*, 29(12), 2268–2273.
  96. Mao X.Y., Wu J., Meng X.X., Wei K., Zhang Z.H., Lai X., & Xiao, H. (2017). Effects of Biogas Slurry on Yield, Quality and Control on the Disease and Pest of Leaf Mustard. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 32(S1), 283–289.
  97. Dong J.G., Zhang B., & Su D. (2018). Effects of combined application of biogas manure and chemical fertilizer on the yield and quality of strawberry. *Chinese Horticulture Abstract*, 34(05), 9–11.
  98. Xu P.Z., Huang J.C., Peng Z.P., Yu J.H., Lin Z.J., Yang L.X., & Wu X.N. (2014). Effects of biogas slurry application on yield, quality and nutrient absorption of Chinese cabbage. *Journal of Guangdong Agricultural Sciences*, 41(07), 71–73.
  99. Yang Y.Q., Chen L.H., Zhou S.J., Liu C.L., Zhang J.H., Wang Q., Zhang W.D., Zhao, X.L., Yi F., Wang C.M., Liu J., Yang H., & Liu S.Q. (2016). Experimental Study on Bio-slurry and Chemical Fertilizer on Planting Cabbage. *Journal of Yunnan Normal University (Natural Sciences Edition)*, 36(03), 17–22.
  100. Wang J.Q., Gu D.Y., Yu X.D., Cui X.M., Lou Y.H., Chu Y., Wang C.L., & Zhuge Y.P. (2019). Application effects of biogas slurry partly substituting for chemical fertilizer on autumn tomato production in winter-solar greenhouse. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 30(01), 243–250.
  101. Li Y., & Zhang Z. (2001). Effect of Biogas slurry on Tomato Quality. *China Biogas* (01), 37–39, 45.
  102. Xie J.H., Chen G., Yuan Q.X., Lin G.Y., Wang Z.S., Guo C.Y., & Zhong H. (2010). Effects of combined application of biogas residues and chemical fertilizers on greenhouse tomato's growth and its fruit yield and quality. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 21(09), 2353–2357.
  103. Gao W., Tao X.T., Wang Y.L., Quan X., Xu X., Lu J.F., & Zhuang, H.Y. (2014). Effects of combined applications of pig farm slurry and chemical fertilizer on medium- and micro-element contents and quality of wheat. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 25(02), 433–440.
  104. Li Y.Q., Lin Z.A., Wen Y.C., Che S.G., Sun W.Y., & Zhao B.Q. (2016). Effects of combined application of chemical fertilizers with different sources of organic manure on the grain quality of winter wheat. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 22(06), 1513–1522.
  105. Zang Y.F., Hao M.D., Zhang L.Q., & Zhang H.Q. (2015). Effects of wheat cultivation and fertilization on soil microbial biomass carbon, soil microbial biomass nitrogen and soil basal respiration in 26 years. *Acta Ecologica Sinica*, 35(05), 1445–1451.
  106. Wu X.J., Tian J., Sun C., Lu P., & Li F. (2018). Effects of Microbial Fertilizer on Yield and Quality of Apple in Old Orchards of Luochuan. *Shandong Agricultural Sciences*, 50(07), 121–125.
- Zhang Xihuan, Wu Dafu, Zakharchenko E.A. Review on effects of biogas slurry application on crop growth**
- Biogas slurry is a residual by-product of anaerobic fermentation using animal manure, sewage and various crop straws as raw materials, it contains nitrogen, phosphorus and potassium needed for crop growth, and is rich in trace elements such as iron, manganese and zinc as well as nutrients such as amino acids, which also contains humic acid, amino acid and gibberellin and other active substances that can stimulate and promote plant growth. Converting biogas slurry into fertilizer can reduce or avoid the environmental risks caused by biogas slurry discharge; on the other hand, it can be utilized as resources to reduce the amount of chemical fertilizer applied in agriculture and mitigate the harm caused by massive application of chemical fertilizer. Therefore, the application of biogas slurry plays a positive role in promoting the ecological cycle agricultural mode combining agriculture and animal husbandry. In this paper, the effects of biogas slurry application on photosynthesis, yield and quality of crops during their growth and development were reviewed. A large number of studies have shown that application of biogas slurry can satisfy of the nutrients needed for crop growth, enhance the photosynthetic capacity, increase production, improve the quality of agricultural products, has significant economic and environmental benefits. Affected by the source of biogas slurry, crop genotypes and soil types, the effect of biogas slurry application is also uneven. According to the material composition of biogas slurry and the fertilizer needs of crops, adding a certain amount of chemical fertilizer to biogas slurry can promote the effect of biogas slurry returning to the field and save resources. It promotes multiple recycling of agricultural waste and has a good application prospect in high quality and efficient crops and clean agricultural production.
- Key words:** biogas slurry, crop yield, photosynthesis, quality.
- Чжан С., Ву Д., Захарченко Е.А. Вплив біогазової суспензії на ріст сільськогосподарських культур (оглядова стаття)**
- Біогазова суспензія є залишковим побічним продуктом анаеробного бродіння з використанням тваринного гною, стічних вод та різноманітної соломи сільськогосподарських культур як сировини, вона містить азот, фосфор і калій, необхідні для росту сільськогосподарських культур, і багата мікроелементами, такими як залізо, марганець і цинк, а також поживними речовинами, такими як амінокислоти, що також містять гумінову кислоту, амінокислоту та гіберелін та інші активні речовини, які можуть стимулювати та сприяти росту рослин. Перетворення суспензії біогазу в добрива може зменшити або допоможе уникнути екологічних ризиків, викликаних викидом біогазової суспензії; з іншого боку, його можна використовувати як ресурси для зменшення кількості хімічних добрив, що застосовуються у сільському господарстві, а також пом'якшення шкоди, заподіяної масовим застосуванням хімічних добрив. Тому

застосування біогазової суспензії відіграє позитивну роль у розвитку екологічного циклу сільського господарства, що поєднує землеробство та тваринництво. **Метою цієї статті** є з'ясування впливу застосування біогазової суспензії на фотосинтез, урожайність та якість сільськогосподарських культур під час їх росту та розвитку на основі літературних даних. Велика кількість досліджень показала, що застосування біогазової суспензії може задовольнити поживні речовини, необхідні для росту сільськогосподарських культур, підвищити фотосинтетичну активність, збільшити врожайність, покращити якість сільськогосподарської продукції, і має значні еко-

номічні та екологічні переваги. Залежно від джерела біогазової суспензії, генотипів сільськогосподарських культур і типів ґрунту ефект від застосування біогазової суспензії буде різний. Знаючи склад біогазової суспензії та потреби культур у добривах, додавання певної кількості хімічних добрив до суспензії може сприяти ефекту повернення відходу на поле та заощадити ресурси. Він сприяє багаторазовій переробці сільськогосподарських залишків і має хороші перспективи застосування для сільськогосподарських культур.

**Ключові слова:** біогазова суспензія, урожай, фотосинтез, якість.

## ФОРМУВАННЯ МОРОЗОСТІЙКОСТІ РОСЛИНАМИ ЯЧМЕНЮ З РІЗНИМ ТИПОМ РОЗВИТКУ ДЛЯ ЗАГАРТУВАННЯ НА РІЗНИХ ФОТОПЕРІОДАХ

**ЯРМОЛЬСЬКА О.Є.** – кандидат географічних наук

[orcid.org/0000-0002-0279-833](https://orcid.org/0000-0002-0279-833)

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насінництва та сортовивчення

**ФЕОКТИСТОВ П.О.** – кандидат біологічних наук

[orcid.org/0000-0003-0752-6817](https://orcid.org/0000-0003-0752-6817)

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насінництва та сортовивчення

**ГАВРИЛОВ С.В.**

[orcid.org/0000-0003-2177-3267](https://orcid.org/0000-0003-2177-3267)

Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насінництва та сортовивчення  
(СГІ-НЦНС)

**Постановка проблеми.** Провідною зернофуражною культурою України є ячмінь. В Україні щорічно сіється близько 3–4 млн га ячменю ярого і лише 400–500 тис. га ячменю озимого.

Вирощування озимого ячменю потребує мінімальних витрат, має досить високу рентабельність, а витрати забезпечуються врожаєм зерна поточного року. За умов нормальної перезимівлі він характеризується високою продуктивністю, досягає раніше за ярий на 10–16 днів, гарно витримує високі температури під час весняно-літньої вегетації, відзначається стійкістю до посухи. Проте поряд зі значними перевагами озимий ячмінь має суттєвий недолік. Серед озимих культур він є найменш морозостійким. Цей фактор стримує розширення площ цієї культури. До 90% посівів озимого ячменю припадає на південні регіони: Одеську, Миколаївську, Херсонську області та Крим.

Стійкість озимого ячменю до несприятливих умов зимівлі сильно знижується за ранніх строків сівби, що пов'язано з коротшими термінами стадії яровизації. Крім того, на озимий ячмінь негативно впливає різка зміна температур у зимовий і ранньовесняний періоди.

Втрати врожаю озимого ячменю від вимерзання суттєвіші, ніж від захворювань, шкідників та бур'янів разом узятих. У зв'язку з цим стабілізація виробництва зерна підзимних посівів ячменю класичною селекцією та агротехнічними прийомами є важливим народногосподарським завданням.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Під час дослідження рівня стійкості рослин ячменю до від'ємних температур відомі озимі сорти були розділені на 6 умовно виділених груп. До першої, найбільш морозостійкої групи, не було віднесено жодного сорту. Кращі за зимостійкістю сорти, а їх не дуже багато, зараховані до другої групи [1].

Адаптивність сортів озимого ячменю залежить від підвищеної фотоперіодичної чутливості. Високу зимо-, морозостійкість проявляють тільки чутливі до фотоперіоду сорти [2; 3].

Одним з напрямів стабілізації валового збору зерна ячменю стало впровадження у виробництво сортів-дворучок. Завдяки роботам академіка П.Х. Гаркавого дворучки поступово посіли суттєве місце у сільськогосподарському виробництві Півдня України [1]. Біологічною

особливістю дворучок є те, що восени вони пізніше закінчують вегетацію, порівняно з типово озимими сортами, а весною раніше її відновлюють. Завдяки цьому вони краще розвиваються у разі пізніх сходів, що є важливим для посушливих умов степу. У разі зимово-весняних сходів типово озимі сорти починають рости й розвиватись пізно, внаслідок чого неефективно використовують весняні запаси вологи у ґрунті. Сорти-дворучки раніше розпочинають весняну вегетацію, що надає їм перевагу у посушливі роки, які останнім часом спостерігаються все частіше. Саме тому в агрокліматичних умовах Півдня України, де вирощується основна маса озимого ячменю, найбільш адаптованими та затребуваними у виробництві виявляються сорти-дворучки [2].

Виходячи з вищесказаного, добір селекційно-цінних біотипів озимого ячменю та дворучок дозволить значною мірою підвищити ефективність селекції.

Натепер не досить вивчені питання спроможності рослин ячменю з різним типом розвитку залежно від його фізіологічного стану в осінній період протистояти дії негативних температур та інших несприятливих факторів зимівлі. Динамічна взаємодія різних температурних умов, інтенсивності та тривалості освітлення на рослинний організм восени викликає далеко неоднозначну відповідну реакцію, про що свідчать різкі зміни рівня зимостійкості не тільки по роках, але і в межах окремої зими.

**Мета** – вивчити динаміку впливу на процеси загартування рослин ячменю типово озимих та дворучок та розробити найбільш інформативні режими різних температурно-світлових умов для добору селекційно-цінних біотипів.

**Матеріали та методи.** В модельному лабораторно-вегетаційному досліді вивчали в динаміці формування стійкості до морозу рослинами сортів ячменю типово озимих та дворучок. У досліді вивчали сорти: Метелиця, Зимовий, Трудівник (озимі); Росава, Основа, Тамань (дворучки).

**Результати досліджень.** Першу фазу загартування проводили на двох фотоперіодах: скороченому СФ (10-годинне освітлення) та ПО (постійне освітлення). В модельному досліді було прибрано яровизаційний ефект за рахунок програмування під час першої фази загартування температури +6,5°C.7°C (вище біологіч-

ного нуля культури). В дослідях планували 6 експозицій з тривалістю загартування: 5, 10, 15, 20, 25 та 30 діб. На постійному освітленні за заданої температури рослини всіх вивчених сортів не пройшли загартування і майже повністю загинули.

Що стосується варіанта загартування рослин на скороченому фотоперіоді, то в такому разі динаміка формування стійкості рослинами цими біотипами істотно різнилась (рис. 1). Сорт дворучка Основа підвищував рівень стійкості до морозу пропорційно до експозиції загартування, на 30 добу вона досягла піку і становила 98%. У типово озимого сорту Зимовий стійкість досягла пікових значень на 10–15 добу, але і при цьому вона була на 22% нижчою, ніж у сортів дворучок. У подальшому спостерігалось падіння стійкості у типово озимих сортів, різниця на 30 добу становила 72%.

Програмування температури I фази загартування вище біологічного нуля, як свідчать результати, дозволяє накопичувати рослинам усіх видів значну кількість цукрів. На СФ величина сформованої морозостійкості рослинами типово озимих сортів та дворучок істотно різнилась. Сорти дворучки формували стійкість значно вищу, ніж типово озимі сорти, різниця досягла максимуму на 30 добу. Результати досліджень свідчать про можливість використання розробленого способу для розподілу генотипів ячменю на типово озимі та дворучки. На нашу думку, розроблені температурно-світлові умови найбільш перспективні у селекції озимого ячменю для цілеспрямованого добору стійких дворучок.

На жаль, такого широкого асортименту способів оцінки морозостійкості як прямих, так і побічних, які є у озимій пшениці, селекція озимого ячменю не має. Спроби механічного переносу способів з озимі пшениці задовільних результатів не дали. Крім усього вищесказаного, проблему стійкості рослин озимого ячменю до морозу ускладнює той факт, що культура представлена у виробництві двома біотипами: типово озимими та дворучками, які формують свою стійкість за рахунок різних фізіологічних механізмів. У дворучок вона пов'я-

зана передусім з реакцією на довжину дня, а у типово озимих – з тривалістю стадії яровизації.

Мета наших досліджень полягала у розробці режимів вирощування рослин озимого ячменю, які дали б змогу ефективно диференціювати їх за рівнем стійкості до низькотемпературного стресора. Використання режимів загартування, рекомендованих для озимі пшениці, результатів не дало. Рослини озимого ячменю або повністю гинули, або були повністю живими залежно від тестового навантаження.

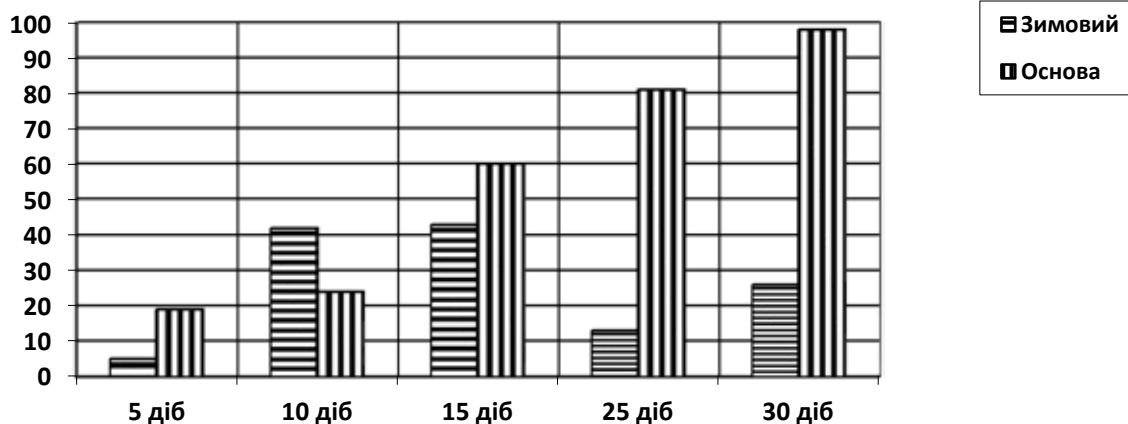
За попередні роки було вивчено особливості проходження першої фази загартування рослинами як типово озимих сортів, так і дворучок залежно від її тривалості, температури та довжини дня. Аналіз отриманих результатів дав можливість рекомендувати для визначення відносної стійкості рослин озимого ячменю до морозу такі параметри першої фази загартування, як: довжина дня – 10 годин, температура +2,5...3°C, тривалість першої фази 25–30 діб. За таких умов рослини обох біотипів формують статичну морозостійкість, яка достатньою мірою співпадає з результатами польових досліджень.

Якщо параметри першої фази загартування для створення прямого лабораторного способу визначення морозостійкості рослин озимого ячменю значною мірою вивчені та відпрацьовані, то параметри другої фази потребували детального вивчення.

Попередні дослідження показали, що 3-добової другої фази, як у випадку з озимію пшеницею, явно не досить. З літературних джерел [2; 3] відомо, що рослинам озимого ячменю для формування їхньої стійкості потрібно більш тривала друга фаза, за деякими даними до 20 діб.

У модельному досліді на 6 сортах озимого ячменю було вивчено вплив тривалості другої фази загартування на формування стійкості рослин до морозу. В досліді вивчали сорти: Метелиця, Зимовий, Трудівник – озимі; Росава, Основа, Тамань – дворучки.

У першу фазу загартування дослідних рослин проводили на скороченому фотоперіоді – 10-годинне освітлення протягом 30 діб. Температура на першій фазі



**Рис. 1. Динаміка формування морозостійкості рослинами типово озимих сортів та дворучок у разі проходження першої фази загартування на температурі +6,5°C на скороченому фотоперіоді**



була +2,5°C. Вивчали три варіанти другої фази за тривалістю: 5, 7 та 11 діб. У першому варіанті програмували наступний температурний режим: 2 доби – -3°C, і по одній добі -4°C; -5°C; -6°C. Другий варіант становив 7 діб: 3 доби – -3°C; 2 доби -4°C і по добі -5°C та

-6°C. Третій варіант – 11 діб: 7 діб -3°C, 2 доби -4°C і по добі -5°C та -6°C.

Після закінчення другої фази дослідні рослини були проморожені за

-9°C з експозицією тесту 24 години.

Як свідчать результати тестування сортів, у разі використання варіанту другої фази тривалістю 11 діб рослини озимого ячменю формують максимальну стій-

кість до морозу. Крім цього, як свідчать результати тестування (табл. 1), зимостійкі сорти відзначались більш швидким загартуванням на другій фазі.

Це однаково стосується як типово озимих сортів, так і дворучок. Залежно від мети досліджень необхідно використовувати варіанти другої фази, які повною мірою дозволять відповісти на поставлене завдання. Для селекційних програм рекомендується використання другої фази тривалістю 7 діб. З метою перевірки ефективності розробленого у відділі прямого лабораторного способу визначення відносної стійкості рослин озимого ячменю було проведено тестування морозостійкості розширеного набору сортів селекції інституту.

Таблиця 1

**Величина сформованої рослинами сортів морозостійкості залежно від тривалості II фази загартування (%)**

| № з/п              | Назва сорту | Тривалість II фази загартування |       |        |
|--------------------|-------------|---------------------------------|-------|--------|
|                    |             | 5 діб                           | 7 діб | 11 діб |
| 1                  | Росава      | 44                              | 37    | 92     |
| 2                  | Основа      | 43                              | 67    | 89     |
| 3                  | Тамань      | 20                              | 36    | 14     |
| 4                  | Метелиця    | 60                              | 85    | 98     |
| 5                  | Зимовий     | 72                              | 67    | 74     |
| 6                  | Трудівник   | 59                              | 0     | 15     |
| HCP <sub>005</sub> |             | 7,3                             | 9,2   | 6,5    |

Таблиця 2

**Статична морозостійкість озимих сортів ячменю та швидкість загартування, % живих рослин**

| № з/п | Назва сорту      | Морозостійкість рослин, %      |           | Швидкість загартування, % |
|-------|------------------|--------------------------------|-----------|---------------------------|
|       |                  | Тривалість I фази загартування |           |                           |
|       |                  | 15 діб                         | 30 діб    |                           |
| 1     | Дев'ятий вал     | 42.2±12.6                      | 68.3±13.0 | 76.3                      |
| 2     | Айвенго          | 37.9±12.7                      | 78.9±10.8 | 48.0                      |
| 3     | Селена стар      | 15.5±9.5                       | 38.8±13.3 | 40.7                      |
| 4     | Синтез           | 31.6±12.3                      | 50.0±13.7 | 63.2                      |
| 5     | Оксамит          | 33.9±12.3                      | 48.2±13.1 | 70.3                      |
| 6     | Снігова королева | 17.0±9.8                       | 71.1±13.1 | 40.4                      |
| 7     | Абориген         | 28.8±11.8                      | 64.4±12.5 | 44.7                      |
| 8     | Достойний        | 44.1±12.9                      | 73.2±13.6 | 75.4                      |
| 9     | Трудівник        | 12.5±8.7                       | 63.1±12.8 | 19.8                      |
| 10    | Росава           | 32.2±12.2                      | 80.0±10.3 | 40.2                      |
| 11    | Зімран           | 22.3±10.4                      | 46.2±13.6 | 43.9                      |
| 12    | Манас            | 49.2±13.0                      | 80.7±10.8 | 60.9                      |
| 13    | Академічний      | 33.3±12.5                      | 78.3±10.7 | 42.5                      |
| 14    | Скарпіа          | 23.6±11.4                      | 70.1±12.2 | 33.7                      |
| 15    | Еспада           | 22.6±11.4                      | 42.8±13.2 | 52.8                      |
| 16    | Тигр             | 40.7±12.8                      | 79.6±10.6 | 51.1                      |
| 17    | Артемівський 2R  | 19.3±10.4                      | 54.2±13.0 | 35.6                      |
| 18    | Герлах           | 20.3±10.4                      | 42.0±14.0 | 48.3                      |
| 19    | Луран            | 50.9±13.0                      | 16.0±10.4 | 31.8                      |
| 20    | Державний        | 30.5±11.9                      | 64.4±12.5 | 47.4                      |
| 21    | Анжеліка         | 38.7±12.8                      | 66.6±12.6 | 58.1                      |
| 22    | Зимовий          | 43.3±12.8                      | 88.3±8.4  | 49.0                      |
| 23    | Тамань           | 50.2±13.1                      | 61.4±12.9 | 81.7                      |
| 24    | Основа           | 48.3±13.3                      | 59.2±13.4 | 81.6                      |

Аналіз отриманих результатів свідчить про перспективність використання запропонованих режимів у селекційних програмах на адаптивність ячменю. Під час відпрацювання методичних питань була створена колекція морозостійких генотипів озимого ячменю, яка включала у себе зразки зі стійкістю від 3 до 5 балів (за п'ятибальною шкалою).

Таким чином, як свідчать результати досліджень, визначення відносної стійкості рослин озимого ячменю шляхом проморожування рослин у паперових рулонах:

- вирощування рослин озимого ячменю на скороченому фотоперіоді у разі програмування температури +2,5°C під час першої фази загартування протягом 30 днів дозволяє рослинам обох біотипів формувати статичну стійкість до морозу;

- величина сформованої морозостійкості рослинами озимого ячменю залежала від тривалості другої фази загартування;

- зимостійкі сорти, як типово озимі, так і дворучки, характеризувались швидким загартуванням на другій фазі загартування;

- наявний тісний зв'язок перезимівлі зразків у полі з результатами лабораторного тестування.

**Апробація.** Вивчення колекції в полі показало чіткий зв'язок польової перезимівлі з результатами лабораторного тестування. Крім цього, проведена апробація способу

на великому наборі сортів інституту, а також закордонних сортів. За попередні роки розроблено режими проходження першої фази загартування рослинами як типово озимих сортів, так і дворучок залежно від її тривалості, температури та довжини дня. Аналіз отриманих результатів дав можливість рекомендувати для визначення відносної стійкості рослин озимого ячменю до морозу такі параметри першої фази загартування, як: довжина дня – 10 годин, температура +2,5...3°C, тривалість першої фази – 25–30 діб. За таких умов рослини обох біотипів формують статичну морозостійкість, яка достатньою мірою співпадає з результатами польових досліджень.

Крім цього, було розроблено та вивчено режими другої фази загартування для вирішення конкретних завдань селекції та фізіології. На основі проведених досліджень було створено прямий лабораторний спосіб визначення статичної морозостійкості озимого ячменю, спосіб визначення швидкості загартування та два варіанти способу розподілу озимого ячменю на типово озимі та дворучки.

З метою перевірки ефективності розробленого у відділі прямого лабораторного способу визначення відносної стійкості рослин озимого ячменю було проведено тестування морозостійкості розширеного набору сортів селекції інституту (табл. 2). У польових умовах у 2020 році було вивчено перезимівлю (в балах), висоту (см) та стійкість до вилягання (в балах).

Таблиця 3

## Результати лабораторного та польового вивчення сортів озимого ячменю

| № з/п | Назва сорту      | Перезимівля | Висота | Вилягання | Морозостійкість, % залежно від експозиції стресу |           | Середня морозостійкість | Швидкість загартування |
|-------|------------------|-------------|--------|-----------|--------------------------------------------------|-----------|-------------------------|------------------------|
|       |                  |             |        |           | 24 години                                        | 32 години |                         |                        |
| 1     | Дев'ятий вал     | 4           | 117    | 4         | 47,4+13,0                                        | 7+6,9     | 27,2                    | 76,3                   |
| 2     | Айвенго          | 5           | 117    | 5         | 78,9+10,8                                        | 29+11,8   | 54,0                    | 48,0                   |
| 3     | Селена стар      | 4-          | 90     | 5         | 38,8+13,3                                        | 19+10,4   | 28,9                    | 40,7                   |
| 4     | Синтез           | 3           | 102    | 4         | 50,0+13,7                                        | 22+11,2   | 29,5                    | 63,2                   |
| 5     | Оксамит          | 3           | 115    | 3         | 48,2+13,1                                        | 34+13,1   | 41,1                    | 70,3                   |
| 6     | Снігова королева | 4           | 71     | 5         | 42,1+13,1                                        | 27+11,7   | 34,6                    | 40,4                   |
| 7     | Абориген         | 4-          | 79     | 5         | 64,4+12,5                                        | 2+3,8     | 33,2                    | 44,7                   |
| 8     | Достойний        | 4           | 104    | 4         | 46,2+13,6                                        | 51+13,0   | 48,6                    | 95,4                   |
| 9     | Трудівник        | 4           | 90     | 5         | 63,1+12,8                                        | 21+10,8   | 42,0                    | 19,8                   |
| 10    | Росава           | 4-          | 101    | 3         | 80,0+10,3                                        | 30,5+11,9 | 55,2                    | 40,2                   |
| 11    | Зимран           | 4           | 81     | 5         | 46,2+13,2                                        | 2+3,9     | 24,1                    | 43,9                   |
| 12    | Манас            | 4           | 101    | 3         | 80,7+10,8                                        | 31+12,9   | 55,8                    | 60,9                   |
| 13    | Академічний      | 4           | 122    | 4         | 78,3+10,7                                        | 31+12,9   | 54,6                    | 42,5                   |
| 14    | Скарпіа          | 3           | 86     | 3         | 70,1+12,2                                        | 58+12,8   | 64,0                    | 33,7                   |
| 15    | Еспада           | 3           | 90     | 5         | 42,8+13,2                                        | 70+12,2   | 56,4                    | 52,8                   |
| 16    | Тигр             | 4           | 91     | 5         | 79,6+10,6                                        | 74,5+11,6 | 77,0                    | 51,1                   |
| 17    | Артемівський 2R  | 4           | 89     | 3         | 54,2+13,0                                        | 4+5,8     | 29,1                    | 35,6                   |
| 18    | Герлах           | 4           | 86     | 5         | 42,0+14,0                                        | 18+10,4   | 30,0                    | 48,3                   |
| 19    | Луран            | 4           | 100    | 5         | 16,0+10,4                                        | 42+13,1   | 29,0                    | 31,8                   |
| 20    | Державний        | 4           | 96     | 3         | 64,4+12,5                                        | 42+13,3   | 53,2                    | 47,4                   |
| 21    | Анжеліка         | 4           | 90     | 5         | 66,6+12,6                                        | 39+6,6    | 52,8                    | 58,1                   |
| 22    | Зимовий          | –           | –      | –         | 88,3+8,4                                         | 42,5+11,8 | 65,4                    | 49,0                   |
| 23    | Тамань           | –           | –      | –         | 61,4+12,9                                        | 27+ 10,8  | 44,2                    | 81,7                   |
| 24    | Основа           | –           | –      | –         | 59,2+13,4                                        | 40+12,9   | 49,6                    | 81,7                   |

Тестування дослідних сортів було проведено у серії дослідів на двох експозиціях стресу, крім цього, було вивчено швидкість загартування (відношення морозостійкості дослідних зразків після 15 діб загартування до статичної морозостійкості в процентах) у лабораторних умовах (табл. 3). Більш стійкими за результатами двох проморожувань на двох експозиціях стресу (24 та 32 години) були сорти: Кондрат, Айвенго, Скарпія, Платон, Еспада, Роман, Достойний, Росава, Тигр, Хуторок, Метелиця, Державний, Анжеліка, Зимовий, Основа. Високою швидкістю загартування в наших дослідках відзначались сорти: Дев'ятий вал, Синтез, Роман, Оксамит, Достойний, Хуторок, Тигр, Метелиця, Манас, Каріока, Михайло, Сіндерелла, Путнік, Андрюша, Тимофей, Луран, Кумач, Жаворонок, Тамань, Основа.

#### Висновки:

- розроблено режими визначення статичної морозостійкості рослин озимого ячменю;
- розроблено режими розподілу озимого ячменю на типово озимі та дворучки;
- розроблений лабораторний спосіб визначення швидкості загартування сортів озимого ячменю у разі вирощування рослин озимого ячменю на скороченому фотоперіоді та програмування температури  $+2,5^{\circ}\text{C}$  під час першої фази загартування протягом 30 днів дозволяє рослинам обох біотипів формувати статичну стійкість до морозу;
- величина сформованої морозостійкості рослинами озимого ячменю залежала від тривалості другої фази загартування;
- зимостійкі сорти, як типово озимі, так і дворучки, характеризувались швидким загартуванням на другій фазі загартування;
- наявний тісний зв'язок перезимівлі зразків у полі з результатами лабораторного тестування;
- використання розробленого способу дозволяє визначати як статичну морозостійкість сорту, так і швидкість його загартування.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гаркавий П.Ф. Особенности развития разных типов ячменя (двуручек и озимых) в связи с их зимостойкостью. *Научные труды ВСГИ*. 1974. Вып. 11. С. 80–97.
2. Лінчевський А.А., Легкун І.Б., Бабаш А.Б., Щербина З.В. Пріоритети в селекції ячменю (*Hordeum Vulgare L.*) для сучасних умов виробництва зерна в Україні. *Збірник наукових праць СГІ–НЦНС*. 2017. Вип. 30 (70). С. 23–39.
3. Стельмах А.Ф., Бальвінська М.С., Файт В.І., Захарова О.О. Оцінка систем регуляції темпів початкового розвитку зразків ячменю (*Hordeum Vulgare L.*) осіннього строку сівби. *Збірник наукових праць СГІ–НЦНС*. 2017. Вип. 29 (69). С. 50–59.

#### REFERENCES:

1. Garkavyiy P.F. (1974). Osobennosti razvitiya raznykh tipov yachmenya (dvuruchek i ozimyyih) v svyazi s ih zimostoykostyu [Features of the development of different types of barley (two-handled and winter) in connection with their winter hardiness]. Odessa: Scientific

works of Union selection and genetic institute, 11, 80–97 [in Russian].

2. Linchevskiy A.A., Lehkun I.B., Babash A.B., Shcherbyna Z.V. (2017). Priorytety v selektsii yachmeniu (*Hordeum Vulgare L.*) dlia suchasnykh umov vyrobnytstva zerna v Ukraini [Priorities in barley breeding (*Hordeum Vulgare L.*) for modern minds of grain harvesting in Ukraine]. Odessa: Collection of scientific works of Selection and genetic institute National center of seed science and variety study, 30 (70), 23–39 [in Ukrainian].
3. Stelmakh A.F., Balvinska M.S., Fait V.I., Zakharova O.O. (2017). Otsinka system rehuliyatsii tempiv pochatkovoho rozvytku zrazkiv yachmeniu (*Hordeum Vulgare L.*) osinnoho stroku sivy [Estimation of systems of regulations of rates of initial development of samples of barley (*Hordeum Vulgare L.*) of autumn term sowing]. Odessa: Collection of scientific works of Selection and genetic institute National center of seed science and variety study, 29 (69), 50–59 [in Ukrainian].

#### Ярмольська О.Є., Феоктістов П.О., Гаврилов С.В. Формування морозостійкості рослинами ячменю з різним типом розвитку у разі загартування на різних фотоперіодах

**Мета** – розробити лабораторний спосіб розподілу генотипів озимого ячменю на типово озимі та дворучки. В основу способу було покладено наукову гіпотезу, яка базується на різних біологічних потребах у загартуванні рослин типово озимих сортів та дворучок озимого ячменю.

**Матеріали та методи.** З метою перевірки гіпотези в модельному досліді вивчали в динаміці формування стійкості до морозу рослинами сортів ячменю типово озимих та дворучок. У досліді вивчали сорти: Метелиця, Зимовий, Трудівник (озимі); Росава, Основа, Тамань (дворучки).

**Результати досліджень.** Проводилось загартування рослин озимого ячменю на скороченому фотоперіоді, при цьому повністю виключивши яровизаційний ефект. Програмування температури і фази загартування вище біологічного нуля, як свідчать результати, дозволяє накопичувати рослинам усіх видів значну кількість цукрів. Розроблені температурно-світлові умови найбільш перспективні у селекції озимого ячменю.

**Висновки.** Розроблено режими визначення статичної морозостійкості рослин озимого ячменю; визначено режими розподілу озимого ячменю на типово озимі та дворучки; розроблений лабораторний спосіб визначення швидкості загартування сортів озимого ячменю у разі вирощування рослин озимого ячменю на скороченому фотоперіоді та програмування температури  $+2,5^{\circ}\text{C}$  під час першої фази загартування протягом 30 днів дозволяє рослинам обох біотипів формувати статичну стійкість до морозу; величина сформованої морозостійкості рослинами озимого ячменю залежала від тривалості другої фази загартування; зимостійкі сорти, як типово озимі, так і дворучки, характеризувались швидким загартуванням на другій фазі загартування; наявний тісний зв'язок перезимівлі зразків у полі з результатами лабораторного тестування; використання розробленого способу дозволяє визначати як статичну морозостійкість сорту, так і швидкість його загартування.

**Ключові слова:** селекція, озимий ячмінь, абіотичні фактори, зимостійкість, фази загартування, перезимівля.

**Yarmolska O.Ye., Feoktistov P.O., Gavrilo S.V.**  
**Formation of frost resistance of barley plants with different types of rosettes during hardening on different photoperiods**

**Purpose** is to develop a laboratory method for dividing winter barley genotypes into typically winter and two-handed ones. The method was based on a scientific hypothesis based on different biological needs in the hardening of plants of typically winter varieties and two-handed winter barley.

**Methods results.** In order to test the hypothesis in the model experiment studied the dynamics of the formation of frost resistance by plants of barley varieties: typically winter and two-handed. In the experiment studied varieties: Blizzard, Winter, Worker (winter); Rosava, Osnova, Taman (two-handed).

**Research results.** Hardening of winter barley plants was carried out on a shortened photoperiod, while completely eliminating the vernalization effect. Programming the temperature of the first phase of hardening above biological zero, as the results show, allows plants of all species to accumulate a significant amount of sugars. The developed

temperature and light conditions are the most promising in the selection of winter barley.

**Findings.** Modes for determining the static frost resistance of winter barley plants have been developed; the modes of division of winter barley into typically winter and two-handed ones are determined; developed a laboratory method for determining the rate of hardening of winter barley varieties in the cultivation of winter barley plants in the shortened photoperiod and programming temperature +2.5°C during the first phase of hardening for 30 days allows plants of both biotypes to form static resistance to frost; the value of the formed frost resistance of winter barley plants depended on the duration of the second phase of hardening; winter-hardy varieties, both typically winter and two-handed, were characterized by rapid hardening in the second phase of hardening; there is a close relationship between overwintering samples in the field with the results of laboratory testing; the use of the developed method allows to determine both the static frost resistance of the variety and the speed of its hardening.

**Key words:** selection, winter barley, abiotic factors, winter hardiness, hardening phases, overwintering.

# СЕЛЕКЦІЯ, НАСІННИЦТВО

УДК 633.31

DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.26>

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЯВУ ГОСПОДАРСЬКО ЦІННИХ ОЗНАК ВИХІДНОГО МАТЕРІАЛУ ЛЮЦЕРНИ СИНЬОГІБРИДНОЇ ТА СТВОРЕННЯ СОРТІВ З ВИСОКОЮ КОРМОВОЮ ТА НАСІННЕВОЮ ПРОДУКТИВНІСТЮ ДЛЯ УМОВ ЛІСОСТЕПУ

**БОЖЕНКО А.І.** – кандидат сільськогосподарських наук*orcid.org/0000-0001-6128-4236*

Носівська селекційно-дослідна станція Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла Національної академії аграрних наук України

**СИЗЕНКО О.Є.** – науковий співробітник*orcid.org/0000-0002-5028-2750*

Носівська селекційно-дослідна станція Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла Національної академії аграрних наук України

**Постановка проблеми.** Однією з найбільш важливих проблем інтенсивного ведення тваринництва залишається проблема білкового дефіциту. Вирішення цієї проблеми пов'язане з розширенням посівних площ, підвищенням урожайності кормових культур з високим вмістом протеїну та впровадженням прогресивних технологій їх вирощування.

У вирішенні проблеми корінного покращення кормовиробництва в умовах топливної та енергетичної кризи є створення і впровадження у виробництво високобілкових високоврожайних сортів багаторічних бобових трав, провідне місце серед яких належить люцерні. Висока поживна цінність кормової маси, рекордний вихід кормового протеїну з одиниці площі (в одній кормовій одиниці зеленої маси міститься 150-170 г перетравного протеїну, збір його з 1 гектару досягає 25-32 ц), позитивна післядія в сівозмінах, накопичення біологічного азоту в ґрунті обумовлюють широке розповсюдження цієї культури.

Однак в сільськогосподарському виробництві не вистачає високоврожайних по насіннєвій продуктивності сортів люцерни, які були б адаптовані для Поліської зони України, що викликає потребу поглибленого вивчення ефекту гетерозису для створення пластичного сорту з високими якісними показниками та необхідність проведення досліджень, які направлені на створення гетерозисних популяцій на широкій генетичній основі з попередньою оцінкою вихідного матеріалу на комбінаційну здатність та розробку нових методів, що і визначає актуальність роботи.

Використання батьківських форм з високою загальною комбінаційною здатністю (ЗКЗ) відкриває можливість практичної реалізації гетерозису шляхом формування складногібридних популяцій, що складаються з декількох компонентів за рахунок постійної гібридизації яких між собою підтримується певний ефект гетерозису в ланці наступних поколінь.

Для вирішення цього питання на Носівській СДС продовжується робота з люцерною, яка спрямована на виведення пластичних сортів з більш високою ніж у стандартів зимостійкістю, врожайністю кормової маси

та насіння, стійких до хвороб. Хоча люцерна традиційно вважається культурою Степу, однак в північній частині Лісостепової зони і Поліссі можна створювати пристосовані до даних кліматичних умов нові сорти і, поряд з кормовою масою, отримувати стабільні врожаї насіння, що і доведено практично районуваними і широко впровадженими у виробництво сортами люцерни Анді, Владислава, Алія [1], Кураж [2].

Підвищення ефективності селекційного процесу на теперішньому етапі вимагає застосування нових підходів у оцінці та створенні селекційного матеріалу із врахуванням фізіологічних процесів у рослинах на різних етапах росту і розвитку; системній оцінці вихідного матеріалу на провокаційних фонах та обґрунтування отриманих результатів за допомогою сучасних математико-статистичних підходів; розширенні формотворчого процесу та підвищенні ефективності гібридизації.

Необхідно підкреслити важливу роль всебічного вивчення і застосування в селекції на адаптивність генофонду люцерни посівної, що зберігає запас необхідних властивостей і ознак для поліпшення певних параметрів продукційного процесу, пластичності тощо.

**Стан розроблення проблеми.** Науково-обґрунтована селекція люцерни існує в країнах Західної Європи, США, Канади, середньоазійських республіках, Росії, які зробили суттєвий поступ в поліпшенні господарсько-цінних ознак культури. Але хоча ряд сортів люцерни західноєвропейської селекції і внесені до Державного реєстру сортів України в роки з менш сприятливими умовами для росту і розвитку, більшість з них значно знижують якість та кількість отримуваної продукції порівняно з вітчизняними сортами.

Перспективу у використанні цих сортів, як зразків генофонду з вищезазначеними позитивними властивостями, вбачаємо у використанні їх у гібридизації для отримання цінних рекомбінантів.

Таким чином, наукові дослідження вказують на те, що з метою селекції сортів, адаптованих до певних ґрунтово-кліматичних зон, створення та оцінка селекційного матеріалу повинна відбуватися в умовах, наближених до майбутнього впровадження сортів у виробництво.

Основна ідея селекційних досліджень полягає у підборі найбільш цінних за господарсько-біологічними показниками зразків і проведенні спрямованих схрещувань для поєднання всіх важливих генетичних чинників в одному генотипі.

Обґрунтування ідеї досліджень базується на оцінці морфо-анатомічних показників за дії різних факторів та встановленні адаптивного оптимуму морфологічних ознак, що сприяють забезпеченню високих і стабільних урожаїв люцерни в певних умовах.

Важливим питанням на сучасному етапі є удосконалення та підвищення інтенсивності традиційної схеми селекційного процесу шляхом системного підходу при створенні та оцінці вихідного матеріалу із впровадженням у практичну селекцію новітніх теоретичних досягнень.

Виконання даних досліджень в кінцевому результаті дозволить отримувати високопродуктивні сорти, які відповідатимуть сучасним вимогам виробництва і займуть свою нішу в ґрунтово-кліматичних умовах Лісостепу та Полісся України.

Програма досліджень полягає у визначенні параметрів мінливості основних селекційних ознак і оцінки селекційного матеріалу.

Виходячи з наявного селекційного матеріалу, створеного на попередніх етапах досліджень шляхом добору константних ліній з комплексом цінних ознак, починаючи з розсадника вихідного матеріалу та селекційного розсадника та завершивши комплексною оцінкою їх в попередньому та конкурсному сортовипробуванні, буде створено та передано в мережу Держсортів випробування сорт люцерни синьогібридної, який адаптований до умов Лісостепу та Полісся України.

Дослідження передбачають:

- 1) створення вихідного матеріалу шляхом гібридизації раніше виділених джерел та донорів з поліпшеними господарсько-біологічними ознаками;
- 2) селекційно-генетичну оцінку створеного вихідного матеріалу на загальну комбінаційну здатність по кормовій і насіннєвій продуктивності;
- 3) добір перспективних форм за стійкістю до біотичних та абіотичних факторів;
- 4) вивчення ефекту гетерозису в полікросних нащадків;
- 5) створення і проведення оцінки складногібридних популяцій за основними господарськими ознаками;
- 6) статистичне обґрунтування адаптивного оптимуму морфо-біологічних параметрів перспективних сортотварів.

Унаслідок селекційної роботи на Носівській селекційно-дослідній станції в останні роки створений і занесений до Реєстру сортів рослин України новий пластичний високоврожайний сорт люцерни синьогібридної Кураж. Також в мережі УІЕСР проходить випробування новий високопродуктивний сорт люцерни синьогібридної Персія Носівська.

**Мета.** Дослідження направлені на створення гетерозисних популяцій на широкій генетичній основі з попередньою оцінкою вихідного матеріалу на комбінаційну здатність і виведення високопродуктивних,

ранньостиглих, з поліпшеним генетичним потенціалом сортів люцерни інтенсивного типу з підвищеною стійкістю до несприятливих факторів навколишнього середовища, з покращеною якістю корму, незважаючи на складність ведення селекційної роботи у перехресно-запильних популяціях, які зазвичай характеризуються стійкою рухомою генетичною рівновагою і здатністю до її саморегуляції. Тому підвищувати успадкованість у таких популяціях можливо багаторазовими доборами за ознакою, яку необхідно поліпшити за умови стабільного прояву її за роками.

Основним методом створення вихідного матеріалу для селекції багаторічних трав є метод добору з оцінкою по нащадках з наступним формуванням синтетиків шляхом об'єднання резервів насіння клонів з високою загальною комбінаційною здатністю.

**Методика і умови проведення досліджень.** Робота з селекції багаторічних трав проводиться на Носівській селекційно-дослідній станції, що розміщена на півночі Лісостепової зони України.

Досліди розміщували у селекційній сівозміні на чорноземах різного ступеня опідзоленості, легкосуглинкового механічного складу.

Вміст гумусу в орному шарі (за Тюрнімом) – 2,3-2,8%; рН сольової витяжки – 5,45-5,75; гідролітична кислотність (за Каппеном) – 4,98 м/екв на 100 г ґрунту; вміст  $P_2O_5$  (за Кірсановим) 12,5,  $K_2O$  (за Масловою) – 13,2-13,9 мг на 100 г ґрунту [3].

Селекційні розсадники висівалися безпокровно весною і влітку по чистому пару у селекційних сівозмінах.

Оскільки Чернігівська область розміщена на крайній півночі лівобережної України, а Носівська селекційно-дослідна станція розташована в південно-західній частині цього регіону, то ця частина Чернігівщини входить в Бобровицько-Бахмацький агроґрунтовий район.

За багаторічними даними клімат на цій території помірно теплий, м'який, з достатнім зволоженням. У середньому за рік температура повітря складає 5,7-6,6 °С. Найхолоднішим місяцем року є січень, а найтеплішим – липень із середньомісячною температурою 18-19 °С. Абсолютний максимум досягає 38-39 °С. В літній період переважають західні і північно-західні вітри. В середньому заморозки на ґрунті закінчуються в кінці квітня – першій декаді травня, а восени починаються в третій декаді вересня. Найпізніші заморозки у повітрі весною можуть бути в кінці травня, а восени найраніше – в кінці серпня. Річна сума опадів складає в середньому 500-550 мм. Але у зв'язку з глобальним потеплінням погодні умови у цьому регіоні почали змінюватися.

Метеорологічні умови в роки досліджень відрізнялися між собою по тепло- і вологозабезпеченню і їх розподілу протягом вегетаційного періоду, але закономірність настання стійкої весняно-літньої засухи тривалістю близько двох місяців спостерігалася кожного року.

У дослідах проводилися фенологічні спостереження: загальний стан травостою після сходів, перед зимівлею, перезимівлі, активності відростання весною і після збирання на корм, дата настання фази цвітіння (10 і 25%), висота травостою в цю фазу розвитку та ін.

Збирання врожаю 2-3 рази за вегетацію проводиться подільночно на початку цвітіння (до цвітіння 25% суцвіть) зі зважуванням всієї маси з кожної ділянки.

Селекційні номери, які виділяються за врожайністю на першому році життя, оцінюються у порівнянні зі стандартом і на другому-третьому році користування.

Для визначення виходу сухої речовини від зеленої маси в конкурсному сортовипробуванні в період збирання з двох-трьох повторень відбираються снопи (2 кг) і висушуються до постійної ваги повітряно-сухої маси.

Визначаються облистяність травостою, вихід сирого протеїну і клітковини в кормовій масі.

Схема селекційної роботи загальноприйнята:

1. Розсадник вихідного матеріалу.
2. Розсадник вивчення загальної комбінаційної здатності клонів (селекційний розсадник).
3. Попереднє та конкурсне сортовипробування.
4. Розмноження селекційних номерів для забезпечення розсадників випробування і державного випробування.

Розсадник вихідного матеріалу включає розсадник добору, який закладається влітку по чистому пару посівом насіння, маса з однієї рослини якого не менше 20 грамів, квадратно-гніздовим способом з прориванням до однієї рослини в гнізді.

Оцінка стійкості до хвороб, несприятливих умов проходить візуально, оцінка урожайності насіння – зважуванням з кожної рослини.

Розсадник вивчення клонів закладається насінням клонів зі зберіганням резерву насіння. Висівається суцільним рядовим способом. Стандарт розміщується через 10 номерів.

У попередньому сортовипробуванні посів суцільний рядовий.

Облік врожаю проводиться на другому та третьому роках життя.

У конкурсному сортовипробуванні посів також суцільний рядовий і облік врожаю дворічний – на другому і третьому роках життя.

Норма висіву у всіх розсадниках сортовипробування – 7 млн. схожих насінин на 1 гектар.

Як стандарт використовується більш високий за врожайністю сорт люцерни синьогібридної Алія.

Об'єм селекційних розсадників у межах 2000-2050 номерів.

Дані обліку врожаю піддаються статистичному аналізу за Б.А. Доспеховим [4].

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Дослідження, які включені в програму селекційної роботи з люцерною синьогібридною «Кормовиробництво», були спрямовані на створення більш ранньостиглих сортів, які перевищують за врожайністю районовані на 8-10%, з підвищеною стійкістю до несприятливих чинників навколишнього середовища, та вивчення перспективних методів підвищення врожайності багаторічних трав на основі гетерозисної селекції.

У розсаднику добору щорічно висівалося близько 1600-1700 зразків люцерни посівної. Посів проводився влітку по чорному пару насінням своїх сортів та селек-

ційних зразків, які забезпечують високий урожай кормової маси і насіння.

Протягом останніх років в розсадниках добору після бракування за формою і величиною куща, кількістю стебел, стійкістю до хвороб, кількістю та якістю насіння (негативний добір) для подальшого вивчення кожного року відбиралося близько 300-400 найбільш урожайних рослин люцерни синьогібридної.

Насіння цих зразків (зі збереженням резерву) після детального аналізу використовувалося для посіву розсадників вивчення нащадків на загальну комбінаційну здатність. Резерв насіння кращих з них висівався для розмноження на ізолюваних ділянках.

Основна ідея селекційних досліджень полягає в підборі найбільш цінних за господарсько-біологічними показниками сортозразків і проведенні спрямованих схрещувань для поєднання всіх важливих генетичних чинників в одному генотипі. Тому в розсадниках вільного переzapилення селекційних номерів було проведено ряд комбінацій зі створення синтетичних та складногібридних популяцій, які складаються з декількох компонентів, за рахунок постійної гібридизації яких між собою підтримується певний ефект гетерозису в ряду послідовних поколінь. Ефективність гетерозисної селекції головним чином залежить від належної оцінки загальної комбінаційної здатності вихідного матеріалу. Тому оцінка і відбір зразків з високою ЗКЗ є необхідним етапом в селекції на гетерозис.

За результатами досліджень 2019–2021 років у селекційних розсадниках на загальну комбінаційну здатність щорічно вивчалось 220–330 зразків люцерни.

За врожайністю зеленої маси за роки досліджень близько 150 кращих селекційних зразків люцерни синьогібридної перевищували стандарт на 9–23% при  $P < 0,05$ . Всього з розсадника вивчення загальної комбінаційної здатності для подальшої роботи протягом 2019–2021 років виділено 135 найбільш високопродуктивних і стійких до негативних факторів навколишнього середовища зразків.

У розсадниках розмноження селекційних зразків щорічно вирощувалося насіння близько 15–20 нових синтетиків люцерни синьогібридної, які вивчалися в попередньому і конкурсному сортовипробуваннях.

У результаті оцінки синтетичних популяцій люцерни синьогібридної за основними господарсько-цінними ознаками в конкурсному сортовипробуванні виявлено низку селекційних зразків, які в різні роки досліджень ймовірно перевищували стандартний сорт з урожаем зеленої маси на 8–24% при  $P < 0,05$ . Це селекційні номери Syn 658, Syn 719, Syn 966, Syn 866, Syn 872, Syn 880, Syn 677, Syn 942, Syn 953, Syn 959, Syn 974, Syn 985 та інші, які відзначалися підвищеними показниками у попередні роки (з добавкою до стандарту 57–96 ц/га) (табл. 1).

За врожайністю сухої речовини в конкурсному сортовипробуванні 2019–2021 рр. (табл. 2) кращі зразки перевищили значення стандартного сорту на 9–21%. Це зразки Syn 974, Syn 658, Syn 783, Syn 966, Syn 719, Syn 959, Syn 872, Syn 866, Syn 677, Syn 918, Syn 953, Syn 985 та інші, які мали добавку до стандарту від 11,9 до 23,3 ц/га. До того, ці ж зразки мали значну перевагу над стандартом і з врожаем зеленої маси (Syn 658, Syn

Таблиця 1

Урожай зеленої маси кращих селекційних зразків люцерни синьогібридної в конкурсному сортовипробуванні за 2019–2021 рр.

| Селекційний номер   | Урожай зеленої маси, ц/га |         |            | +/- до St | % до St |
|---------------------|---------------------------|---------|------------|-----------|---------|
|                     | I укіс                    | II укіс | за 2 укоси |           |         |
| 2019                |                           |         |            |           |         |
| Алія – St           | 274                       | 193     | 467        | -         | 100     |
| 658                 | 330                       | 233     | 563        | + 96      | 120     |
| 677                 | 312                       | 218     | 530        | + 63      | 114     |
| 719                 | 318                       | 224     | 542        | + 75      | 116     |
| 903                 | 301                       | 212     | 513        | + 46      | 110     |
| 911                 | 307                       | 216     | 523        | + 56      | 112     |
| 909                 | 296                       | 208     | 504        | + 37      | 108     |
| 590                 | 310                       | 218     | 528        | + 61      | 113     |
| 915                 | 299                       | 210     | 509        | + 42      | 109     |
| 920                 | 304                       | 214     | 518        | + 51      | 111     |
| 866                 | 323                       | 228     | 551        | + 84      | 118     |
| 872                 | 315                       | 222     | 537        | + 70      | 115     |
| 880                 | 307                       | 216     | 523        | + 56      | 112     |
| HIP <sub>0,05</sub> |                           |         |            | 42,0      |         |
| 2020                |                           |         |            |           |         |
| Алія – St           | 245                       | 177     | 422        | -         | 100     |
| 677                 | 292                       | 211     | 503        | + 81      | 119     |
| 658                 | 289                       | 209     | 498        | + 76      | 118     |
| 872                 | 284                       | 205     | 489        | + 67      | 116     |
| 719                 | 286                       | 208     | 494        | + 72      | 117     |
| 756                 | 272                       | 196     | 468        | + 46      | 111     |
| 866                 | 289                       | 208     | 497        | + 75      | 118     |
| 893                 | 274                       | 198     | 472        | + 50      | 112     |
| 911                 | 277                       | 200     | 477        | + 55      | 113     |
| 915                 | 267                       | 193     | 460        | + 38      | 109     |
| 880                 | 271                       | 198     | 469        | + 47      | 111     |
| 927                 | 279                       | 202     | 481        | + 59      | 114     |
| 934                 | 267                       | 192     | 459        | + 37      | 109     |
| 942                 | 282                       | 218     | 485        | + 63      | 115     |
| 948                 | 277                       | 199     | 476        | + 54      | 113     |
| HIP <sub>0,05</sub> |                           |         |            | 38,0      |         |
| 2021                |                           |         |            |           |         |
| Алія – St           | 215                       | 151     | 366        | -         | 100     |
| 658                 | 267                       | 185     | 452        | + 86      | 123     |
| 677                 | 270                       | 183     | 453        | + 87      | 124     |
| 719                 | 258                       | 181     | 439        | + 73      | 120     |
| 756                 | 246                       | 167     | 413        | + 47      | 113     |
| 866                 | 262                       | 176     | 438        | + 72      | 119     |
| 872                 | 259                       | 168     | 427        | + 61      | 117     |
| 880                 | 241                       | 162     | 403        | + 37      | 110     |
| 893                 | 244                       | 165     | 409        | + 43      | 112     |
| 911                 | 237                       | 161     | 398        | + 32      | 109     |
| 915                 | 235                       | 170     | 405        | + 39      | 111     |
| 927                 | 249                       | 172     | 421        | + 55      | 115     |
| 934                 | 245                       | 164     | 409        | + 43      | 112     |
| 942                 | 251                       | 173     | 424        | + 58      | 116     |
| 948                 | 247                       | 170     | 417        | + 51      | 114     |
| 953                 | 254                       | 176     | 430        | + 64      | 117     |
| 959                 | 256                       | 175     | 431        | + 65      | 118     |
| 966                 | 250                       | 173     | 423        | + 57      | 116     |
| 974                 | 258                       | 178     | 436        | + 70      | 119     |
| 981                 | 249                       | 175     | 424        | + 58      | 116     |
| 985                 | 261                       | 180     | 441        | + 75      | 120     |
| HIP <sub>0,05</sub> |                           |         |            | 42,1      |         |



Таблиця 2

Урожай сухої речовини кращих селекційних зразків люцерни синьогібридної в конкурсному сортовипробуванні за 2019–2021 рр.

| Селекційний номер   | Урожай сухої речовини, ц/га |         |            | +/- до St | % до St |
|---------------------|-----------------------------|---------|------------|-----------|---------|
|                     | I укіс                      | II укіс | за 2 укоси |           |         |
| 2019                |                             |         |            |           |         |
| Алія – St           | 63,3                        | 47,4    | 110,7      | -         | 100     |
| 658                 | 76,2                        | 57,2    | 133,4      | + 22,7    | 120     |
| 677                 | 72,1                        | 54,1    | 126,2      | + 15,5    | 114     |
| 719                 | 73,4                        | 55,1    | 128,5      | + 17,8    | 116     |
| 903                 | 69,5                        | 52,2    | 121,7      | + 11,0    | 109     |
| 911                 | 71,0                        | 53,3    | 124,3      | + 13,6    | 112     |
| 909                 | 68,4                        | 51,2    | 119,6      | + 8,9     | 108     |
| 590                 | 71,6                        | 53,7    | 125,3      | + 14,6    | 113     |
| 915                 | 69,1                        | 51,9    | 121,0      | + 10,3    | 109     |
| 920                 | 70,2                        | 52,7    | 122,9      | + 12,2    | 111     |
| 866                 | 74,6                        | 56,0    | 130,6      | + 19,9    | 117     |
| 872                 | 72,7                        | 54,5    | 127,2      | + 16,5    | 114     |
| 880                 | 71,0                        | 53,3    | 124,3      | + 13,6    | 112     |
| 918                 | 76,1                        | 57,1    | 133,2      | 22,5      | 120     |
| HIP <sub>0,05</sub> |                             |         |            | 10,5      |         |
| 2020                |                             |         |            |           |         |
| Алія – St           | 65,8                        | 49,4    | 115,2      | -         | 100     |
| 719                 | 77,6                        | 58,3    | 135,9      | + 20,7    | 118     |
| 658                 | 78,3                        | 58,8    | 137,1      | + 21,9    | 119     |
| 866                 | 77,0                        | 57,8    | 136,1      | + 20,9    | 117     |
| 677                 | 78,2                        | 58,9    | 137,1      | + 21,9    | 119     |
| 918                 | 76,4                        | 57,3    | 133,7      | + 18,5    | 116     |
| 948                 | 74,3                        | 55,8    | 130,1      | + 14,9    | 113     |
| 911                 | 73,0                        | 54,8    | 127,8      | + 12,6    | 111     |
| 880                 | 73,7                        | 55,3    | 129,0      | + 13,8    | 112     |
| 872                 | 75,0                        | 56,3    | 131,3      | + 16,1    | 114     |
| 942                 | 74,4                        | 55,7    | 130,1      | + 14,9    | 113     |
| 939                 | 72,3                        | 54,3    | 126,6      | + 11,4    | 110     |
| 927                 | 74,3                        | 55,8    | 130,1      | + 14,9    | 113     |
| 893                 | 71,7                        | 53,8    | 125,5      | + 10,3    | 109     |
| 590                 | 75,6                        | 56,8    | 132,4      | + 17,2    | 115     |
| HIP <sub>0,05</sub> |                             |         |            | 11,3      |         |
| 2021                |                             |         |            |           |         |
| Алія – St           | 61,5                        | 50,9    | 112,4      | -         | 100     |
| 590                 | 69,8                        | 59,9    | 129,7      | + 17,3    | 115     |
| 658                 | 74,1                        | 60,3    | 134,7      | + 22,3    | 120     |
| 677                 | 74,5                        | 61,2    | 135,7      | + 23,3    | 121     |
| 719                 | 73,2                        | 59,4    | 132,6      | + 20,2    | 118     |
| 866                 | 73,0                        | 57,7    | 130,7      | + 18,3    | 116     |
| 872                 | 72,3                        | 58,2    | 130,5      | + 18,1    | 116     |
| 880                 | 69,5                        | 58,1    | 127,6      | + 15,2    | 114     |
| 893                 | 69,0                        | 54,8    | 123,8      | + 11,4    | 110     |
| 911                 | 69,2                        | 54,3    | 123,5      | + 11,1    | 110     |
| 918                 | 73,3                        | 55,0    | 128,3      | + 15,9    | 114     |
| 927                 | 71,2                        | 57,0    | 128,2      | + 15,8    | 114     |
| 939                 | 69,4                        | 55,6    | 125,0      | + 12,6    | 111     |
| 942                 | 72,7                        | 56,4    | 129,1      | + 16,7    | 115     |
| 948                 | 71,6                        | 57,8    | 129,4      | + 17,0    | 115     |
| 953                 | 72,5                        | 59,8    | 132,3      | + 19,9    | 118     |
| 959                 | 72,1                        | 59,7    | 131,8      | + 19,4    | 117     |
| 966                 | 70,4                        | 60,1    | 130,5      | + 18,1    | 116     |
| 974                 | 72,8                        | 60,8    | 133,6      | + 21,2    | 119     |
| 985                 | 74,0                        | 60,4    | 134,4      | + 22,0    | 120     |
| HIP <sub>0,05</sub> |                             |         |            | 12,4      |         |

Таблиця 3

Урожай насіння кращих селекційних зразків люцерни синьогібридної  
в конкурсному сортовипробуванні за 2019–2021 рр.

| Селекційний номер         | Урожай насіння, ц/га | +/- до St | % до St |
|---------------------------|----------------------|-----------|---------|
| <b>2019</b>               |                      |           |         |
| Алія – St                 | 3,72                 | -         | 100     |
| 658                       | 4,38                 | + 0,66    | 118     |
| 677                       | 4,46                 | + 0,74    | 120     |
| 719                       | 4,35                 | + 0,63    | 117     |
| 903                       | 4,12                 | + 0,40    | 111     |
| 590                       | 4,17                 | + 0,45    | 112     |
| 853                       | 4,20                 | + 0,48    | 113     |
| 866                       | 4,31                 | + 0,59    | 116     |
| 872                       | 4,05                 | + 0,33    | 109     |
| 880                       | 4,20                 | + 0,48    | 113     |
| 915                       | 4,12                 | + 0,40    | 111     |
| 920                       | 4,28                 | + 0,56    | 115     |
| 905                       | 4,31                 | + 0,59    | 116     |
| 911                       | 4,24                 | + 0,52    | 114     |
| 909                       | 4,20                 | + 0,48    | 113     |
| 918                       | 4,43                 | + 0,71    | 119     |
| <i>HIP<sub>0,05</sub></i> |                      | 0,38      |         |
| <b>2020</b>               |                      |           |         |
| Алія – St                 | 4,24                 | -         | 100     |
| 927                       | 4,88                 | + 0,64    | 115     |
| 920                       | 4,79                 | + 0,55    | 113     |
| 918                       | 5,0                  | + 0,76    | 118     |
| 948                       | 4,83                 | + 0,59    | 114     |
| 915                       | 4,75                 | + 0,51    | 112     |
| 911                       | 4,79                 | + 0,55    | 113     |
| 909                       | 4,62                 | + 0,38    | 109     |
| 905                       | 4,88                 | + 0,64    | 115     |
| 880                       | 4,66                 | + 0,42    | 110     |
| 872                       | 4,96                 | + 0,72    | 117     |
| 866                       | 4,92                 | + 0,68    | 116     |
| 853                       | 4,71                 | + 0,47    | 111     |
| 719                       | 5,09                 | + 0,85    | 120     |
| 677                       | 5,17                 | + 0,93    | 122     |
| 658                       | 5,13                 | + 0,89    | 121     |
| 590                       | 4,83                 | + 0,59    | 114     |
| <i>HIP<sub>0,05</sub></i> |                      | 0,42      |         |
| <b>2021</b>               |                      |           |         |
| Алія – St                 | 4,01                 | -         | 100     |
| 658                       | 4,77                 | + 0,76    | 119     |
| 677                       | 4,93                 | + 0,92    | 123     |
| 590                       | 4,65                 | + 0,64    | 116     |
| 719                       | 4,89                 | + 0,88    | 122     |
| 866                       | 4,69                 | + 0,68    | 117     |
| 872                       | 4,73                 | + 0,72    | 118     |
| 905                       | 4,45                 | + 0,44    | 111     |
| 911                       | 4,37                 | + 0,36    | 109     |
| 915                       | 4,41                 | + 0,40    | 110     |
| 918                       | 4,73                 | + 0,72    | 118     |
| 920                       | 4,61                 | + 0,60    | 115     |
| 927                       | 4,65                 | + 0,64    | 116     |
| 948                       | 4,53                 | + 0,52    | 113     |
| 953                       | 4,66                 | + 0,65    | 116     |
| 959                       | 4,74                 | + 0,73    | 118     |
| 974                       | 4,68                 | + 0,67    | 117     |
| 981                       | 4,62                 | + 0,61    | 115     |
| 985                       | 4,78                 | + 0,77    | 119     |
| <i>HIP<sub>0,05</sub></i> |                      | 0,51      |         |

719, Syn 866, Syn 677, Syn 872, Syn 953, Syn 966, Syn 974, Syn 985 та ін.).

Результати порівняльного сортовипробування великої кількості зразків за комплексом цінних ознак і властивостей дають підстави для використання вказаних селекційних зразків як перспективного вихідного матеріалу при створенні високоврожайних сортів.

У дослідях 2019–2021 років за насінневою продуктивністю встановлено перевищення над стандартом кращих селекційних зразків до 23% ( $P < 0,05$ ). Найвищі показники (0,59–0,93 ц/га до стандарту) було відмічено у зразків: Syn 590, Syn 658, Syn 719, Syn 677, Syn 866, Syn 872, Syn 927, Syn 918, Syn 953, Syn 959, Syn 974, Syn 985, Syn 905 та інші (табл. 3).

Важливо зазначити, що складногібридна популяція люцерни синьогібридної 658, яка суттєво виділялася не тільки високою зимостійкістю, інтенсивністю відростання, посухостійкістю, а й кормовою і насінневою продуктивністю, мала переваги над стандартом і в попередні роки: за врожаєм зеленої маси: в Syn<sub>4</sub> – на 26%, в Syn<sub>5</sub> – на 21%, в Syn<sub>6</sub> – на 20%, в Syn<sub>7</sub> – на 18%; сухої речовини: в Syn<sub>4</sub> – на 23%, в Syn<sub>5</sub> – на 21%, в Syn<sub>6</sub> – 20%, в Syn<sub>7</sub> – на 19%; по насіннєвій продуктивності: в Syn<sub>4</sub> – на 27%, в Syn<sub>5</sub> – на 24%, в Syn<sub>6</sub> – на 18%, в Syn<sub>7</sub> – на 21%, що вказує на дію гетерозисного ефекту в ряді наступних поколінь. Syn 658 заслуговує на увагу як сформований високопродуктивний сорт, який переданий в Державне сортовипробування на 2021 рік під назвою «Персія Носівська».

Як один із завершальних етапів селекційного процесу даного проміжку наукової роботи селекційний зразок 642 люцерни синьогібридної під назвою «Кураж», який за результатами польових досліджень кваліфікаційної експертизи протягом останніх років суттєво перевищував стандартний сорт, з 2020 року занесений до Державного реєстру сортів рослин.

У первинних ланках насінництва проводиться робота з вирощування насіння сортів люцерни синьогібридної Алія та Кураж для активного впровадження їх у виробництво.

**Висновки.** Добір рослин з оцінкою по нащадках є одним із кращих методів селекції люцерни синьогібридної, а також шляхом для поліпшення виведених сортів за врожайністю насіння.

Для покращення ознак кормової та насінневої продуктивності люцерни використовувати в селекційному процесі зразки, що є генетичними джерелами господарсько-цінних ознак та вихідні матеріали з проявом домінування та високими ефектами комбінаційної здатності.

Використання батьківських форм з високою загальною комбінаційною здатністю відкриває можливість практичної реалізації гетерозису шляхом формування складногібридних популяцій.

Особливої уваги заслуговують селекційні зразки люцерни синьогібридної Syn 611, Syn 658, Syn 677, Syn 719, Syn 866, Syn 918, Syn 872, Syn 959, Syn 590, Syn 942, Syn 953, Syn 974, Syn 985 та ін., які забезпечують значну прибавку урожаю перед стандартом, що дає підстави для використання їх як вихідного матеріалу в селекції для формування сортів-синтетиків із підви-

щеним проявом ознак кормової та насінневої продуктивності в майбутньому до необхідності розмноження і передачі в Державне сортовипробування.

Високопродуктивний за кормовою масою і насінням новий селекційний зразок Syn 658, який протягом кількох останніх років демонстрував високі показники, переданий у мережу Державного сортовипробування під назвою «Персія Носівська».

Широке впровадження у виробничі посіви нових сортів люцерни синьогібридної, як найбільш урожайних за кормовою масою і насінням, є значним резервом збільшення виробництва кормів в умовах Полісся та Лісостепу України.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. А. с. *Україна*. Сорт люцерни Алія / А.І. Боженко, Л.І. Кобизська, Я.М. Рибалко №08313; заявл. 01.12.2005; опубл. 2005, Бюл. № 3.
2. А. с. *Україна*. Сорт люцерни Кураж / А.І. Боженко, Л.І. Кобизська, Н.В. Веденко, О.Є. Сизенко № 200761; заявл. 25.11.2015; опубл. 2020, Бюл. № 6.
3. Бойко Е.І. Агровиробничі особливості ґрунтів Чернігівської області і заходи по підвищенню їх родючості: Київ: Держсільгоспвидав, 1963. 138 с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования). 5 изд., перераб. и доп. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.

#### REFERENCES:

1. A. s. *Ukraine*. Sort liutserny Alia [Alfalfa variety Alia] A.I. Bozhenko, L.I. Kobyzska, Ya.M. Rybalko. No 08313; zaivl. 01.12.2005; opubl. 2010, Biul. No 3.
2. A. s. *Ukraine*. Sort liutserny Kurazh. [Alfalfa variety Courage] A.I. Bozhenko, L.I. Kobyzska, N.V. Vedenko, O.Ie. Syzenko. No 200761; zaivl. 25.11.2015; opubl. 2020, Biul. No 6.
3. Boiko, E.I. (1963) Ahrovyrobnychi osoblyvosti gruntiv Chernihivskoi oblasti i zakhody po pidvyshchenniu yikh rodiuchosti [Agricultural features of soils of Chernihiv region and measures to increase their fertility]. Kyiv: State Publishing House of Agricultural Literature [in Ukrainian].
4. Dospekhov, B.A. (1985) Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniya) [Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results)]. Moskva: Agropromizdat [in Russian].

**Боженко А.І., Сизенко О.Є. Дослідження прояву господарсько цінних ознак вихідного матеріалу люцерни синьогібридної та створення сортів з високою кормовою та насінневою продуктивністю для умов лісостепу**

У статті викладено результати вивчення селекційних зразків люцерни синьогібридної за основними господарсько-біологічними ознаками. Проведений добір кращих зразків, які поєднують у собі високу кормову і насіннєву продуктивність, та проведені спрямовані схрещування для поєднання всіх важливих генетичних чинників в одному генотипі. У розсаднику вільного пере-запилення селекційних номерів проведено ряд комбінацій зі створення синтетичних популяцій, які склада-

ються з декількох компонентів, за рахунок гібридизації яких між собою підтримується певний ефект гетерозису в ряду наступних поколінь. Наведена оцінка селекційному матеріалу за поколіннями, що досліджувалися. Виявлені зразки люцерни синьогібридної, які достовірно перевищували стандартні сорти за комплексом господарсько-цінних ознак і властивостей. Виділено перспективні зразки за елементами кормової та насінневої продуктивності, які можна включати в селекційний процес для створення вихідного матеріалу. Встановлено, що добір рослин з оцінкою по нащадках з наступним формуванням синтетиків шляхом об'єднання резервів насіння рослин з високою загальною комбінаційною здатністю є одним з основних методів селекції люцерни синьогібридної. Вивчена кормова (зелена маса і суха речовина) та насіннева продуктивність синтетичних популяцій люцерни синьогібридної.

Як перспективний матеріал в селекції на підвищену насінневу продуктивність пропонується використовувати селекційний зразок Syn 658, а на підвищену кормову продуктивність – Syn 677.

Виявлений і створений вихідний матеріал із підвищеною кормовою і насінневою продуктивністю проходить подальшу польову оцінку і селекційне опрацювання в селекційних розсадниках Носівської селекційно-дослідної станції. Дослідження прояву господарсько-цінних ознак вихідного матеріалу люцерни синьогібридної та результати порівняльного випробування селекційних зразків за комплексом цінних ознак і властивостей дають підстави для використання їх як перспективного вихідного матеріалу при створенні високоврожайних сортів-синтетиків, а селекційний сортозразок Syn 658 під назвою «Персія Носівська» у 2020 році переданий у мережу Державного сортовипробування.

**Ключові слова:** селекційний матеріал, сортозразки, вивчення, врожайність, складногібридна популяція, стандарт.

**Bozhenko A.I., Syzenko O.Ye. Investigation of the manifestation of economically valuable characteristics of the source material of alfalfa blue hybrid and**

**the creation of varieties with high forage and seed productivity for forest-steppe conditions**

The article presents the results of studying breeding samples of alfalfa blue hybrid on the main economic and biological characteristics. The selection of the best samples, which combine high forage and seed productivity, and targeted crosses to combine all important genetic factors in one genotype. In the nursery of free re-pollination of breeding numbers, a number of combinations were made to create synthetic populations, which consist of several components, due to the hybridization of which a certain effect of heterosis in a number of subsequent generations is maintained. The estimation of selection material on the studied generations is given. Samples of alfalfa blue hybrid, which significantly exceeded the standard varieties for a set of economically valuable traits and properties, were identified. Promising samples for elements of fodder and seed productivity, which can be included in the selection process to create the source material, are identified. It has been established that the selection of plants with evaluation by offspring, followed by the formation of synthetics by combining the reserves of seeds of plants with high overall combining ability is one of the main methods of selection of alfalfa blue hybrid. Fodder (green mass and dry matter) and seed productivity of synthetic populations of alfalfa blue hybrid were studied. As a promising material in breeding for increased seed productivity, it is proposed to use a breeding sample Syn 658, and for increased forage productivity – Syn 677. Detected and created source material with increased forage and seed productivity undergoes further field evaluation and breeding in breeding nurseries Nosivka breeding and research station. Studies of the economic value of the source material of alfalfa blue hybrid and the results of comparative testing of breeding samples for a set of valuable traits and properties give grounds for their use as a promising source material in creating high-yielding synthetic varieties, and breeding variety Syn 658 named Persia In 2020 it was transferred to the State Variety Testing Network.

**Key words:** breeding material, varieties, samples, study, yield, complex hybrid population, standard.

## НІШЕВІ КУЛЬТУРИ – НОВІ МОЖЛИВОСТІ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ УКРАЇНИ

**ВОЖЕГОВА Р.А.** – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік  
Національної академії аграрних наук України  
[orcid.org/0000-0002-3895-5633](https://orcid.org/0000-0002-3895-5633)

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України  
**БОРОВИК В.О.** – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник  
[orcid.org/0000-0003-0705-2105](https://orcid.org/0000-0003-0705-2105)

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України  
**ГРАБОВСЬКИЙ М.Б.** – доктор сільськогосподарських наук, професор  
[orcid.org/0000-0002-8494-7896](https://orcid.org/0000-0002-8494-7896)

Білоцерківський національний аграрний університет Міністерства освіти і науки України  
**МАРЧЕНКО Т.Ю.** – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник  
[orcid.org/0000-0001-6994-3443](https://orcid.org/0000-0001-6994-3443)

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук  
України

**ГРАБОВСЬКА Т.О.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
[orcid.org/0000-0001-6995-9314](https://orcid.org/0000-0001-6995-9314)

Білоцерківський національний аграрний університет Міністерства освіти і науки України

**Постановка проблеми.** В умовах сьогодення агро-виробникам доводиться шукати прибуткові шляхи для розвитку свого бізнесу. Українські виробники віддають перевагу кукурудзі, соняшнику та ріпаку. Однак протягом останніх років зростає зацікавленість також і в так званих «нішевих культурах», які, окрім переваг у вирощуванні, забезпечують високу рентабельність виробництва. Експерти ринку і агровиробники одностайні у своїх спостереженнях: нішеві культури – це нові перспективи для вітчизняного агросектору. Термін «нішеві культури» з'явився в лексиконі аграріїв не так давно. На ринку «нішевидами» називають культури, на які є ситуативний або постійний підвищений комерційний або соціальний попит, або продукцію, якої потребує вузький сегмент споживачів [1].

Новим напрямком, що й формує високий рівень актуальності та поле для наукових опрацювань, є дослідження технології вирощування та перспективи впровадження нішевих культур.

**Мета статті** – узагальнити відомості про особливості рослин гуара і маш, їх генетичні ресурси, що зберігаються у світових колекціях, господарську цінність продукції і про перспективи вирощування цих нетрадиційних для України культур в південних регіонах.

**Матеріали та методика досліджень.** Матеріалами досліджень слугували наукові праці з питань особливостей росту і розвитку, вирощування, поточних та перспективних ресурсних можливостей гуара і маш у світі та Україні. Методи: кількісне та якісне порівняння, абстрактно-логічний, аналітичний.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Виробництво нішевих культур, як і традиційних, має свої переваги і недоліки. До переваг можна віднести: високу рентабельність нішевих культур; урізноманітнення сівозміни та, як наслідок, покращення фітосанітарного стану на полях і стану ґрунтів (особливо якщо йдеться про вирощування бобових культур); диверси-

фікацію виробництва як спосіб зменшити фінансові ризики підприємства на випадок неврожаю основних культур у господарстві. До недоліків слід віднести: високу вартість посівного матеріалу та технологій вирощування; нестабільність попиту на більшість нішевих культур; складність пошуку ринку збуту нішевої продукції; те, що реальна рентабельність може виявитись нижчою за очікувану [2].

Вігна промениста, маш звичайний (боби мунг), або золотиста квасоля (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek) – це бобова культура, що походить з Індії, але насправді її насіння має зелений колір. Її вирощують у Південній та Східній Азії, Центральній Африці, деяких частинах Китаю, Південної та Північної Америки та Австралії [3].

Спочатку ботаніки вважали маш одним із видів квасолі і відносили до однойменного роду *Phaseolus*. Але потім дослідники помітили у маша деякі риси, які відрізнялися від властивих видам роду квасоля, тому перенесли рослину в близький рід *Vigna*. Попередні назви були *Phaseolus aureus* або *P. Radiatus*. Азійські види *Vigna* належать до підроду *Ceratotropis*, окремої та однорідної групи, значною мірою обмеженої Азією, яка має число хромосом  $2n = 22$ . Існує три підгрупи маш (*Vigna radiata*), в тому числі одна культурна (*Vigna radiata subsp. radiata*) і дві дикорослі (*Vigna radiata subsp. Sublobata* і *Vigna radiata subsp. glabra*) [4].

Маш – це однорічна бобова культура, рослини прямостоячі з гілками, на яких розміщуються боби у верхній частині рослини. Рослини мають висоту приблизно 115–125 см. Маш має добре розвинену кореневу систему. Бічні корені численні і тонкі, з кореневими бульбочками. Стебла сильно розгалужені, іноді скручуються на кінчиках. Молоді стебла фіолетові або зелені, а при дозріванні – сірувато-жовті або коричневі. Дикі види мають виткі стебла, тоді як культурні – більш прямостоячі. Плоди – подовжені циліндричні або плоскі циліндричні боби 30–50 штук на рослину. Боби мають дов-

жину 5–10 см і ширину 0,4–0,6 см і містять 12–14 насінин, розділених перегородками, і можуть мати циліндричну або кулясту форму. Оптимальна температура для росту і розвитку цієї культури 28–30°C. Рослини маша переносять високі температури повітря до 40°C. Культура добре переносить повітряну посуху, але вимоглива до наявності вологи в ґрунті. Маш має високу адаптивність до різних типів ґрунту, а найкраща реакція ґрунтового розчину становить від 6,2 до 7,2. Маш – рослина короткого дня, і довгі дні затримують розвиток рослин [5; 6].

Основні переваги маша полягають у тому, що вона, як бобова культура, не потребує удобрення азотними добривами, має короткий вегетаційний період (75–90 днів), потребує мало води для проростання та є гарним попередником в сівозміні для зернових культур. Добре росте в несприятливих посушливих і напівпосушливих умовах. Відповідні показники насіння машу, за даними Nimkar P. M., Chattopadhyay P. K. (2001) та Unal H., Isik E., Izli N., Tekin Y. (2008): довжина насінини, 4,2–6,2 мм, ширина насінини, 3,2–4,5 мм, товщина, 3,1–4,2 мм, середній діаметр 3,7–4,9 мм., кулястість 0,75–0,90 мм, об'єм, 30,4–35,0 мм<sup>3</sup>, маса 1000 зерен, 7,3 – 60,1 г [7; 8].

У світовому землеробстві під машем зосереджено до 3,7 млн га, щорічний валовий збір зерна цієї культури становить 1,57 млн т. Середня врожайність машу в регіонах, де його традиційно найбільше вирощують і споживають, у південно-східній Азії Азії – 0,5–0,7 т/га. В Індії його культивують з прадавніх часів, там він є одним з основних джерел протеїну для головним чином вегетаріанського населення. Відповідно, 65% площ машу знаходиться в Індії, де і збирається 54% валових зборів [3].

В останні роки почала з'являтися зацікавленість до цієї культури і в Україні, насамперед як до дієтичного продукту харчування. Але на сьогодні відсутня інформація про посівні площі та урожайність маша в нашій державі. Тому можна з упевненістю казати про її «нішевий» статус в Україні. Також без зрошення вирощувати квасолу маш в умовах України проблематично [9].

Продуктивність маша все ще низька, але попит може зрости в майбутньому через його високу дієтичну якість. Боби маша багаті вітамінами, дієтичною клітковиною, різними мінеральними речовинами, зокрема і фосфором, магнієм, кальцієм, залізом, калієм та інших. Також у них містяться цінні для нервової та імунної системи вітаміни B<sub>6</sub> і каротин. Боби дуже ситні і смачні при правильній обробці. Насіння маша в перерахунок на одиницю сухої речовини містить 25–28% білка, залежно від умов вирощування, 1% жиру, 3,5–4,5% клітковини, 4,5–5,5% золи і 62–65% вуглеводів. Серед амінокислот найбільше містить лізину. Прихильники здорового харчування цінують маш ще й за те, що в складі насіння немає шкідливих для організму людини речовин, таких як, наприклад, інгібітори протеаз – інгібітори трипсину та хімотрипсину, що присутні в сої та деяких видах квасолі [9].

Хімічні компоненти нерівномірно розподілені в різних частинах зерна маш. Основними хімічними компонентами сухої речовини є вуглеводи, білки, жири, клітковина, зола, жирні кислоти та амінокислоти, тоді як мікроелементи включають мінерали та вітаміни: сирий

протеїн (г/100 г) – 14,6–32,6 г/100 г, сира олія (г/100 г) 0,71–1,85 г/100 г, сира клітковина (г/100 г) – 3,8–6,15 г/100 г, зола 0,17–5,87 г/100 г, вуглеводи 53,3–67,1 г/100 г, енергія – 338–347 ккал/100 г [10].

Мінерали та мікроелементи важливі для здоров'я людини, оскільки вони, наприклад, відіграють важливу роль в обміні речовин. Найбільше значення з мінералів для людини має залізо, цинк і кальцій завдяки своїм фізіологічним функціям в організмі людини. Боби маш містять велику кількість мінералів: кальцій – 55–200 мг/100 г, мідь – 0,9–1,5 мг/100 г, залізо – 4,0–7,6 мг/100 г, калій – 326–1246 мг/100 г, магній – 6–30 мг/100 г, натрій – 6–30 мг/100 г, фосфор – 271–590 мг/100 г, цинк – 2,7–3 мг/100 г [11].

Насіння маш поділяють на п'ять груп за кольором зерна: зелені з глянцевою відтінком, тьмяно-зелені, жовті з блиском і тьмяним блиском, чорні з глянцевою блиском і коричневі з тьмяним блиском насіння. Колір зерен є важливою характеристикою для ідентифікації сортів і виступає як маркер для селекційних дослідів. Темні зерна бобів маш містять більш високий рівень поліфенолів. Сорти з жовтими кольором насіння містять більшу кількість поліфенолів, ніж зелені сорти, що вказує на ефективне видалення поліфенолів у жовтих сортах шляхом процесу очищення. Різниця в кольорі у сортів маша також пов'язана з різним вмістом каротиноїдів [12].

Trung B. C. і Yoshida S. вивчали сорти маша з Філіппін та Індії і виявили, що філіппінські сорти мають вищий вміст білка (23,4%) і масу 1000 зерен (59,1 г), ніж індійські сорти з середнім вмістом білка 19,8% і масою 1000 зерен – 27,3 г [13].

Низька врожайність маш, крім інших факторів, можлива через брак знань про сучасні технології її вирощування.

При вирощуванні маша в Індії в сівозміні, між пшеницею та рисом, вона залишає 33–37 кг/га азоту для наступної культури [14]. У дослідженні Doughton і McKenzie відмічено збільшення врожайності сорго на 70% при вирощуванні його після маша [15]. При вирощуванні пшениці м'якої після маша вміст макроелементів в зерні значно збільшувався. Вміст цукру зростав при цьому на 10%, а білка – на 17% [16].

У США було встановлено, що маш можна вирощувати в сівозміні з пшеницею озимою, проводячи сівбу в кінці липня (III декада) і збираючи в кінці жовтня [17].

Інтеграція маша в сівозміни, особливо в Центральній та Південній Азії, може підвищити стійкість систем виробництва засушливих земель. Диверсифікація місцевих виробничих систем шляхом включення маша як проміжної культури забезпечує додатковий дохід фермерам і покращує родючість ґрунту [18].

Урожайність і якість зерна маша можна покращити за рахунок збалансованого використання мінеральних та органічних добрив. Інтегроване управління удобренням може бути важливою стратегією для сталого виробництва маша. Це може не тільки підвищити ефективність добрив разом з їх мінімальним використанням у рослинництві, а також підвищити врожайність та покращити доступність макро- і мікроелементів [19].

Маш потребує малу кількість азоту, але вимагає оптимальних доз інших поживних речовин. Фосфор є важливим елементом живлення, що визначає врожай у бобових. Застосування фосфорних добрив в оптимальній кількості зумовлює збільшення врожайності та елементів структури урожайності маша [20].

Позакореневе підживлення мікроелементами Азот або Азот+ збільшило площу листя, масу листя, вміст хлорофілу, загальну суху масу, кількість квіток та показники елементів структури врожаю у маша. Цей приріст виявився найвищим при обробці рослин мікроелементами Азот+, хоча не відрізнявся від позакореневого підживлення лише азотними добривами. Позакореневе підживлення мікроелементами Азот або Азот+ не мало істотного впливу на індекс врожаю та вміст білка в зерні, але мало істотний вплив на врожайність маша [21].

За результатами досліджень, проведених на Центральній експериментальній фермі сільськогосподарського університету Шер-е-Бангла (Бангладеш), встановлено значні відхилення в кількості бобів, довжині бобів, кількості насіння в одному бобі, масі 1000 насінин та врожайності маш. Максимальна маса 1000 насінин та маса насіння з рослини були отримані при сівбі з міжряддям 30×10 см у поєднанні з обробкою насіння нафталіновою оцтовою кислотою (40 мл/кг) [22; 23].

Оптимальна норма висіву в бобових культур є важливим фактором для отримання високого врожаю. Збільшення норми висіву з 20 до 50 кг/га зменшує масу 1000 зерен, але не впливає на висоту рослин [24]. Норма висіву (17,5–25 кг/га) забезпечує вищу врожайність маш, ніж 10–15,5 кг/га і 27,5–37,7 кг/га [25]. Більшість дослідників отримали найвищий рівень урожайності маш з нормою висіву насіння 18–20 кг/га [26; 27]. Слід відмітити, що ці дані отримані в азійських країнах з іншими кліматичними умовами. Але інших даних з цього питання в Україні немає. Під час вегетації рекомендується проводити поливи керуючись показниками вологості ґрунту, норма поливу становить – 1500 м³/га. Перший полив проводиться після сівби для отримання дружних сходів, а другий в критичний період – період цвітіння рослин. Не рекомендується проводити поливи в період від появи бобів до повного їх дозрівання [28].

Для боротьби з бур'янами в посівах машу можна використовувати гербіциди, які рекомендовані для зернобобових культур. У південному регіоні України після сівби можна застосовувати гербіцид Гезагард (2–3 л/га), що протягом 4-5 тижнів стримує проростання бур'янів, а рослини розвиваються без будь-яких негативних наслідків від внесення цього препарату. Приблизно через 4 тижні після повних сходів варто проводити міжрядну культивування (на широкорядних посівах) [9]. Є інформація про застосування після сівби або в період появи 2–3 справжніх листків, гербіциду «Фюзелад Супер» 12,5% (0,4–0,6 л/га) проти однорічних та багаторічних бур'янів [29].

За узагальненими даними з різних країн, рослини маш уражаються різними хворобами: кута́ста бактеріальна плямистість квасолі, борошніста роса, фузаріоз, кореневі гнилі, вугільна гниль. Найпоширенішими хворобами машу є: антракноз, біла гніль, коренева гніль,

мозаїка квасолі. Захворюваність та розповсюдженість хвороб залежить від взаємодії між патогеном, хазяїном та середовищем [30].

В умовах України поки що рослини маш не особливо схильні до ураження хворобами, але іноді спостерігається розповсюдження антракнозу, особливо при загущених посівах, високій вологості повітря і помірних температурах. Для боротьби з антракнозом варто використовувати 1%-й розчин бордоської рідини або Чемпіон (3–4 кг/га). Якщо вчасно провести їх внесення, після появи перших ознак захворювання розвиток хвороби можна зупинити. У протилежному випадку антракноз швидко поширюється по всьому полю і на 25-30% знижується врожай і якість зерна [9].

Збирання машу починають проводити, коли боби дозріли та висохнуть, але до того, як вони почнуть розтріскуватися. Одна з головних проблем при вирощуванні маш – це неодноразове дозрівання бобів на рослині, схильність культури до вилягання, а в окремі роки підвищена вологість зернового вороху. Для деяких сортів характерно також низьке розташування першого ярусу бобів або їх розтріскування при запізненні зі збиранням, що призводить до суттєвих втрат врожаю [31].

Використовують ручне або механічне збирання врожаю маш. Ручне збирання врожаю застосовують на насінницьких посівах та для сортів, які не можна зібрати комбайном. Більш раціональним і рекомендованим є роздільне збирання: скошування рослин коли побуріє 70–80% бобів, підбір і подальший обмолот комбайнами. Для прямого комбайнування необхідне застосування десикантів, наприклад Реглон Супер (2,5 л/га), за умови правильного налаштування молотильного барабану [9].

Наступною перспективною нішевою агрокультурою в агропромисловому комплексі України можуть бути рослини гуару.

В останні десятиліття гуар з малопоширеної тропічної культури перетворюється на одну з найпопулярніших у світі, що актуалізує завдання його інтродукції в Україні.

Гуар (ціамопис, горохове дерево) – *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. (Синоніми: *Cyamopsis psoraloides* (LAM.) DC, *Dolichos fabaeformis* L'Herit., *Dolichos psoraloides* LAM., *Lupinus trifolius* Cav., *Psoralea tetragonoloba* L., *Cordaea fabaeformis* Spr. – однорічна тропічна рослина сімейства *Fabaceae* L., триби *Indigofereae*. Крім цього виду, рід *Cyamopsis* включає ще три: *C. senegalensis* Guill. & Perr., *C. serrata* Schinz., *C. dentata* (N. E. Br.) Рід *Cyamopsis* походить від роду *Indigofera* шляхом анеуплоїдії. Предковим видом культурного виду *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. вважають *Cyamopsis senegalensis*. На користь цієї версії говорить наявність галактоманнану (запасного полісахариду) у насінні *C. senegalensis*, аналогічного за змістом та будовою галактоманнану гуара. У дикоростаючому вигляді ціамопис чотирикрильниковий не зустрічається. Диплоїдний набір гуара містить 14 хромосом [32].

Рослина увійшло в культуру на Індо-Пакистанському півострові, стародавня назва гуара перекладається з санскриту як «їжа для корови»; це дозволяє припустити, що спочатку рослина використовувалася як кор-

мова. В даний час на батьківщині, в Індії, гуар вирощується для кормового та овочевого застосування, молоді зелені боби вживають у їжу в тушкованому та консервованому виді, проте основне призначення рослини – технічне. З ендосперму насіння гуара отримують гуарову камедь, полісахарид складної будови, що широко застосовується в розвинених країнах як загусник у таких різних галузях промисловості, як текстильна, харчова, паперова, нафтова та ін.

Попит на гуарову камедь на світових ринках зріс у останнє десятиліття у зв'язку з розвитком видобутку сланцевої нафти, де камедь гуара використовується в технології гідророзриву пласта. Гуар був інтродукований у США на початку XX століття, де селекційну роботу з ним вели у штатах Оклахома, Арізона, Техас. Зі США гуар у середині XX століття завезли до Австралії. Найзначнішим виробником гуарової камеді, як і раніше, є Індія, за нею слідують Пакистан, США. Кожна з цих країн має сорти гуара. В Індії селекцією гуару займаються у науково-дослідних установах штатів Раджастан, Хар'яна. Тим не менш, фермери Індії часто продовжують вирощувати гуар з насіння своєї власної репродукції, які є місцеві сортопопуляції. Серед індійських сортів гуару сформувалися морфотипи, залежно від призначення рослин. Сорти овочевого типу, як правило, з гладкими м'якими бобами, сорти кормового та технічного (на камедь) призначення більш високі та з опушеними бобами [33].

Гуар вирощують в умовах сухого та жаркого клімату, в основному в незрошуваних умовах. В Індії – це штати Раджастан, Хар'яна, Пенджаб; в США – Техас та Оклахома. У невеликих обсягах гуар вирощують в Африці та Австралії. Використовуються різні способи посіву, що залежать від сортів, умов вирощування та зрощення [34].

Гуар – бобова культура, містить велику кількість білка в насінні, його зелена маса використовується у свіжому та сухому вигляді, рослина збагачує ґрунт азотом. Особливу цінність представляє гуарова камедь, що одержують з ендосперму насіння і широко застосовують у харчовій, косметичній, текстильній, паперовій, нафтовидобувній промисловості [35].

У рослинництві гуар – цінний попередник зернових та просапних культур. Як бобова культура він має симбіоз з азотфіксуючими бактеріями (*Rhizobium*). В умовах високих літніх температур, при достатній вологості ґрунту не припиняє вегетації. Гіллясті сорти мають компенсаторну властивість, що дозволяє уникнути зниження врожайності зеленої маси при зріджуванні [36; 37].

Гуар, окрім урожаю зерна, формує та залишає в полі пожнивні залишки у кількості 40–60 ц/га із вмістом у них сирого протеїну 6,2–8,7%, клітковини – 18,3–21,7%. На відміну від нуту, гуар майже не ушкоджується шкідниками та повілікою [38].

У світовій практиці вирощування гуара використовують селекційні сорти та місцеві популяції кількох морфологічних типів: одностеблові та гіллясті. Серед гіллястих сортів – HG 258, HGS 296, Kinman, Santa Crus, Lewis; одностеблових – HFG 314, PLG 85, Pusa

Navbahar, Momument та інші. У досліджах щодо порівняльного дослідження різних сортів рівень урожайності зерна визначався не стільки морфологічним типом сорту, скільки елементами технології вирощування, в першу чергу нормою висіву насіння і, відповідно, щільністю посіву [39; 40].

Вплив строків сівби на формування врожаю генотипів гуара досліджували в Центрі сільськогосподарських наук Університету штату Нью-Мексико в Кловісі, штат Нью-Мексико. Чотири генотипи гуара (HES 1123, Kinman, Lewis і Matador) були протестовані за трьома датами сівби (червень, початок і кінець липня). Під час сівби в середині червня було зафіксовано вищу температуру та кількість опадів, ніж на початку липня та в кінці липня. Гуар, висіяний до середини червня, мав кращу фізіологію, про що свідчить вищі показники фотосинтезу (Pn), швидкість транспірації (Tr), індекс площі листя (LAI) і значення SPAD порівняно з варіантами висіяними на початку липня і в кінці липня. Гуар, висіяний до середини червня, забезпечив вищу біомасу рослин порівняно з сівбою у липні. Структурні характеристики врожайності: кількість стручків на рослині, кількість насіння на рослині, маса 1000 насінин та індекс врожаю – були найвищими під час сівби в середині червня. Сівба у середині червня підвищила урожайність насіння на 26% та 55% у порівнянні з варіантами на початку та в кінці липня. Ці результати вказують на те, що відстрочення сівби після середини червня негативно впливає на продуктивність гуару. Загалом, тепліші умови вирощування та більше опадів під час посадки в середині червня спричинили кращий ріст та формування врожаю генотипів гуара [41].

*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) може рости на широкому діапазоні типів ґрунтів, які добре дреноються, оскільки перезволоження знижує продуктивність рослин. Гуар найкраще росте в помірних лужних умовах (рН 7–8) і толерантний до засолення. Сівбу потрібно проводити, коли ґрунт прогріється до  $> 21^{\circ}\text{C}$  (оптимальна температура ґрунту:  $30^{\circ}\text{C}$ ). Норма висіву – 10–20 кг/га, з міжряддям 45–60 см. Основні хвороби гуару: альтернаріоз і пероноспороз або несправжня борошниста роса. Збирання врожаю проводять залежно від сорту, коли боби стають сухими, коричневого кольору, в середньому через 60–90 днів після сівби (Rasheed M. J. Z., Ahmad K., Ashraf M., Al-Qurainy F., Khan S., Athar H. U. R. Screening of diverse local germplasm of guar) [42].

Основне виробництво насіння культури зосереджено заході Індії, де сівба проводиться у червні (без підкошу і з підкосом вегетативної маси через 30–45 днів після появи сходів), збирання насіння – наприкінці жовтня. Середньодобова температура повітря після відростання другого укосу і до збирання становить близько 27 градусів, а сума ефективних температур за період вегетації гуара становить понад 3200 градусів [43]. За цим показником Південь України не поступається тропічному поясу, забезпечуючи суму ефективних температур ( $> 15$ ) 3200–3500 $^{\circ}\text{C}$ . Тривалість вегетаційного періоду на півдні України – 205–210 днів, а безморозного, від останнього приморозку весною до пер-



Таблиця

Характеристика зразків гуара за комплексом господарсько-цінних ознак, середнє за 2021–2022 рр.

| Назва зразка та номер реєстрації | Тривалість періоду вегетації, діб | Висота, см |                            | Кількість, шт./ рослині |         | Маса насіння г/м <sup>2</sup> |
|----------------------------------|-----------------------------------|------------|----------------------------|-------------------------|---------|-------------------------------|
|                                  |                                   | рослини    | прикріплення нижнього бобу | бобів                   | насінин |                               |
| IU074657 Ankur                   | 125,0                             | 46,7       | 3,0                        | 17,0                    | 56,5    | 150,0                         |
| IU074658 Pusa Naubahar           | 129,5                             | 48,5       | 4,2                        | 22,6                    | 91,2    | 262,5                         |
| IU074659 Maharandi               | 124,5                             | 69,5       | 2,8                        | 12,0                    | 41,0    | 128,0                         |
| IU074660 Sheetal                 | 124,5                             | 45,0       | 3,5                        | 6,2                     | 14,0    | 61,0                          |
| IU074661 Haldi bhati             | 133,5                             | 43,2       | 3,7                        | 26,0                    | 116,0   | 329,0                         |
| IU074663 Tindal                  | 129,0                             | 43,2       | 5,0                        | 17,0                    | 48,0    | 148,0                         |

шого восени коливається по роках від 170 до 240 діб. Середньодобова температура повітря за рік становить 10,5°C, спекотного місяця (липень) – 23,5°C і холодного місяця (січень) – мінус 3,5°C. Абсолютний максимум температур – 48–50°C, абсолютний мінімум – мінус 35–38°C. Отже, кліматичні умови Південного Степу України є сприятливими для формування сталих урожаїв гуара, але через недостатню кількість опадів за значного надходження теплових ресурсів потенційні можливості сортів не можливе реалізувати. Аналіз середньобогаторічних даних, а також власні метеорологічні спостереження дають змогу зробити висновок про те, що одержання урожаїв гуара з максимальним використанням біологічного та кліматичного потенціалів зони вирощування можливе лише за використання зрошення.

Нині потреба країни у гуарової камеді повністю покривається імпортом з Індії та Пакистану. З урахуванням завдань щодо зниження імпортової залежності та покращення родючості ґрунтів сівозмін Інститутом зрошуваного землеробства започатковано наукові дослідження з селекції гуара для умов Південного Степу України.

**Результати досліджень.** У 2020–2021 рр. в Інституті зрошуваного землеробства НААН вивчалися зразки колекції нової нішевої культури – гуар, надісланої з Національного центру генетичних ресурсів рослин України (табл.).

Унаслідок дослідження впродовж двох років тривалості періоду вегетації отриманих зразків встановлено, що найкоротшим (124,5–125,0 діб) характеризувались IU074659 Maharandi, IU074660 Sheetal, IU074657 Ankur. Не дозріли всі сформовані на рослині боби у зразків IU07466 Haldi bhati з тривалістю періоду вегетації 133 доби та у IU074658 Pusa Naubahar, 129,5 діб, проте вони сформували максимальну врожайність. Найбільше насінини на рослині нараховувалось у IU074661 Haldi bhati – 329 штук та у IU07465 Pusa Naubahar – 262,5 штук. Ці ж зразки сформували найкращу врожайність: IU07465 Pusa Naubahar, 315 г/м<sup>2</sup> та IU074661 Haldi bhati, 334 г/м<sup>2</sup>

Висота рослин у досліджуваних зразків знаходилась у межах 43,2–69,5 см (IU074661 Haldi bhati, IU074663 Tindal – IU074659 Maharandi, відповідно), а висота прикріплення бобу коливалась від 3,0 до 4,2 см (IU074657 Ankur – IU074658 Pusa Naubahar, відповідно), що відпо-

відає градації «дуже мала». За результатами гібридизації отримано 29 штук потенційно гібридного насіння.

**Висновки.** Таким чином, гуар, що тривалий час був відомий як кормова рослина, сидерат та джерело харчового білка, в даний час став однією з найбільш значущих технічних культур через зростаючу потребу в гуаровій камеді в харчовій, косметичній, нафтовидобувній промисловості. Основні виробники гуара та продуктів його переробки – Індія, Пакистан та США. Умови Південного Степу України також підходять для індустріального вирощування цієї культури, що робить актуальним завдання його інтродукції та селекції. Широке впровадження у виробництво нової для України культури неможливе без використання конкурентоздатних сортів з підвищеним адаптаційним та високим генетичним потенціалом продуктивності, екологічної пластичності, тому створення сортів гуару в умовах зрошення півдня України є одним із основних факторів, що визначає її ринкову вартість.

Для створення сорту необхідно володіти добре вивченим вихідним матеріалом. Однією з основних вимог до створення сортів гуару в умовах півдня України є короткий термін дозрівання, висока та стабільна за роками врожайність, стійкість до несприятливих умов вирощування, зокрема посухи, спеки.

Культура маш має великий інтерес для впровадження в сільськогосподарському виробництві. Із розвитком фермерських господарств є перспективи збільшення її площ вирощування в основному і повторному посівах як основної і сполученої культури. Обробка скоростиглих сортів маша дозволить отримати ранню продукцію і дозволить вчасно звільнити поля для повторної культури. Паралельно буде вирішено проблему підвищення родючості ґрунту, а зелена маса маша може бути додатковим джерелом для кормовиробництва. Універсальність використання даної культури свідчить про її потенціал та цінність для сільського господарства, оскільки маш – це продовольча, технічна, білкова, кормова та сидеральна культура.

Створення та впровадження у виробництво нових вітчизняних інноваційних сортів гуара та маша, пристосованих до ґрунтово-кліматичної зони, за умов зміни клімату є одним із найважливіших факторів підвищення урожайності і стабілізації виробництва цих культур в Україні.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Володін С. Методичні засади фаєсплант-технологій швидкого виробництва нішевих культур. *Agricultural and Resource Economics*. 2017. Т. 3. № 4. С. 43–56. URL: <http://are-journal.com/are/article/view/134>.
- Удова Л., Прокопенко К. Нішеві культури – нові перспективи для малих суб'єктів господарювання в аграрному ринку. *Економіка сільського господарства*. 2018. № 3. С. 102–117. URL: <https://doi.org/10.15407/eip2018.03.102>.
- Nair R. M., Yang R.-Y., Easdown W. J., Thavarajah D., Thavarajah P., Hughes J. d. A., Keatinge J. Biofortification of mung bean (*Vigna radiata*) as a whole food to enhance human health. *J. Sci. Food Agric*. 2013. № 93. P. 1805–1813.
- Kumar G., Baojun X. A critical review on phytochemical profile and health promoting effects of mung bean (*Vigna radiata*). *Food Science and Human Wellness*. 2018. № 7(1). P. 11–33. doi: 10.1016/j.fshw.2017.11.002.
- Lambrides C. J., Godwin I. D. Mungbean: In Pulses, Sugar and Tuber Crops, Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants, Berlin, Heidelberg: Springer, 2007. pp. 69–90. doi: 10.1007/978-3-540-34516-9\_4.
- Damme Patrick Van *Plant Resources of Tropical Africa 1. Cereals and Pulses. Economic Botany*. 2007. № 61(1). P. 108. doi: 10.1663/0013-0001(2007)61.
- Nimkar P. M., Chattopadhyay P. K. Some physical properties of green gram. *J. Agric. Eng. Res*. 2001. № 80. P. 183–189.
- Unal H., Isik E., Izli N., Tekin Y. Geometric and mechanical properties of mung bean (*Vigna radiata* L.) grain: effect of moisture. *Int. J. Food Properties*. 2008. № 11. P. 585–599.
- Шабанов Е. Маш – золотистаквасоля. *AgroTimes*. URL: [https://agrotimes.ua/article/mash\\_-\\_zolitista\\_kvasilya](https://agrotimes.ua/article/mash_-_zolitista_kvasilya).
- Dahiya P. K., Linnemann A. R., Van Boekel M. A. J. S., Khetarpaul N., Grewal R. B., Nout M. J. R. Mung bean: technological and nutritional potential. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2015. № 55(5). P. 670–688. URL: <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.671202>.
- Annapurani S., Murthy N. K. Bioavailability of iron by invitro method II – from selected foods/diets and effect of processings. *Indian J. of Nutr. Diet*. 1985. № 24. P. 95–105.
- Muhammed T., Manohar S., Hunna L. Polyphenols of mung bean (*Phaseolus aureus* L.) cultivars differing in seed coat color: Effect of dehulling. *J. New Seeds*. 2010. № 4. P. 369–379.
- Trung B. C., Yoshida S. A comment on the varietal differences of production of mung bean and its grain properties. *Soil Sci. Plant Nutr*. 1983. № 28. P. 413–417.
- Sekhon H. S., Bains T. S., Kooner B. S., Sharma P. Grow Summer Mungbean for Improving Crop Sustainability, Farm Income and Malnutrition. *Acta Horticulturae*. 2007. № 752. P. 459–464. URL: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.752.83>.
- Doughton J. A., McKenzie J. Comparative Effects of Black and Green Gram (Mung Beans) and Grain Sorghum on Soil Mineral Nitrogen and Subsequent Grain Sorghum Yields on the Eastern Darling Downs. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 1984. № 24. P. 244–249. URL: <https://doi.org/10.1071/EA9840244>.
- Ilyas N., Ambreen F., Batool N., Arshad M., Mazhar R., Bibi F., Saeed M. Contribution of Nitrogen Fixed by Mung Bean to the Following Wheat Crop. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2018. № 49(2). P. 148–158. URL: <https://doi.org/10.1080/00103624.2017.1421215>.
- Bhardwaj H. L., Hamama A. A. Cultivar, Planting Date, and Row Spacing Effects on Mungbean Performance in Virginia. *HortScience horts*. 2015. № 50(9). P. 1309–1311. URL: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.50.9.1309>.
- Pataczek L., Zahir Z., Ahmad M., Rani S., Nair R., Schafleitner R., Cadisch G., Hilger T. Beans with Benefits – The Role of Mungbean (*Vigna radiata*) in a Changing Environment. *American Journal of Plant Sciences*. 2018. № 9. P. 1577–1600. doi: 10.4236/ajps.2018.97115.
- Khan D. I., Rautaray S., Ghosh B. C., Mittra B. N. Effect of Fresh, organic wastes and chemical fertilizers on yield, nutrient uptake, heavy metal content and residual fertility in a Rice–Mustard cropping sequence under acid lateritic soils. *Bioresource Tech*. 2003. № 90(3). P. 275–283.
- Khan D. I., Rautaray S., Ghosh B. C., Mittra B. N. Effect of Fresh, organic wastes and chemical fertilizers on yield, nutrient uptake, heavy metal content and residual fertility in a Rice–Mustard cropping sequence under acid lateritic soils. *Bioresource Tech*. 2003. № 90(3). P. 275–283.
- Mondal M. M. A., Rahman M. A., Akter M. B., Fakir M. S. A. Effect of foliar application of nitrogen and micronutrients on growth and yield in mungbean. *Legume Res*. 2011. № 34(3). P. 166–171.
- Foysalkabir A. K. M., Quamruzzaman Md., Rashid S. M. M., Yeasmin M., Islam N. Effect of Plant Growth Regulator and Row Spacing on Yield of Mungbean (*Vigna radiata* L.). *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci*. 2016. № 16(4). P. 814–819.
- Gresta F., Avola G., Cannavò S., Santonoceto C. Morphological, biological, productive and qualitative characterization of 68 guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) genotypes. *Industrial Crops and Products*. 2018. № 114. P. 98–107.
- Aachakzai A.K.K., Taran S.A. Effect of seed rate on growth, yield components and yield of mash bean grown under irrigated conditions of arid uplands of Balochistan, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*. 2011. № 43(2). P. 961–969.
- Gupta A., Lal S.S. Response of summer black gram to sowing dates and seed rates. *Ind. J. Agron.*, 1988. № 34(2). C. 197–199.
- Hayat R., Ali S., Ijaz S.S., Chatha T. H., Siddique M.T. Estimation of N<sub>2</sub>-fixation of mung bean and mash bean through xylem ureide technique under rainfed conditions. *Pak. J. Bot*. 2008. № 40(2). P. 723–734.
- Aachakzai A.K.K., Taran S.A. Effect of seed rate on growth, yield components and yield of mash bean grown under irrigated conditions of arid uplands of Balochistan, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*. 2011. № 43(2). P. 961–969.
- Queensland dept. of primary industries and fisheries, 2006. Mungbean varieties and planting. URL: <http://www.mungbean.org.au/aboutAMA.html>.

29. Мавлянова Р. В., Абдуллаев Ф. Х., Мансуров Х. Б. Агротехнология выращивания новых интенсивных сортов маша. *Сельскохозяйственные технологии*. 2020. Вып. 2. № 1. С. 1–7.
30. Noble T., Young A., Douglas C., Williams B., Mundree S. Diagnosis and management of halo blight in Australian mungbeans: a review. *Crop and Pasture Science*. 2019. № 70. P.195–203.
31. Murray M. Mung Bean Production Costs. 1986. URL: <http://www.rain.org/greenet/>.
32. Senn H.A. Chromosome number relationship in the Leguminosae. *Bibliographic Genetics*. 1938. Vol. 12. P. 175–336.
33. Banerjee C., Ghosh S., Sen G., Mishra S., Shukla P., Bandopadhyay R. Study of algal biomass harvesting using cationic guar gum from the natural plant source as flocculant. *Carbohydrate Polymers*. 2013. № 92(1). C. 675–681.
34. Mahmood A., Iqbal M. A. M., Saleem M. I. Growth and yield of three guar cultivars as influenced by different row spacing. *Pak. J. Agric. Res.* 1988. № 9. C. 168–170.
35. Meftahizadeh H., Ghorbanpour M., & Asareh M. H. Comparison of morphological and phytochemical characteristics in guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) landraces and cultivars under different sowing dates in an arid environment. *Industrial Crops and Products*. 2019. № 140. 111606.
36. Mudgil D., Barak S., Khatkar B. S. Guar gum: processing, properties and food applications – a review. *Journal of food science and technology*. 2014. № 51(3). P. 409–418.
37. Gendy A. S., Said-Al Ahl H. A., Mahmoud A. A., Mohamed H. F. Effect of nitrogen sources, bio-fertilizers and their interaction on the growth, seed yield and chemical composition of guar plants. *Life Science Journal*. 2013. № 10(3). P. 389–402.
38. Chudzikowski R. J. Guar gum and its applications. *J Soc Cosmet Chem*. 1971. № 22(1). P. 43.
39. Gresta F., Avola G., Cannavò S., Santonoceto, C. Morphological, biological, productive and qualitative characterization of 68 guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) genotypes. *Industrial Crops and Products*. 2018. № 114. P. 98–107.
40. Sortino O., Gresta F. Growth and yield performance of five guar cultivars in a Mediterranean environment. *Italian Journal of Agronomy*. 2007. № 2(4). P. 359–364.
41. Singla S., Grover K., Angadi S. V., Begna S. H., Schutte B., Van Leeuwen, D. Growth and yield of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) genotypes under different planting dates in the semi-arid Southern High Plains. *American Journal of Plant Sciences*. 2016. № 7(8). P. 1246–1258.
42. *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.] for salt tolerance: a possible approach to utilize salt-affected soils. *Pak. J. Bot.* 2015. № 47(5). P. 1721–1726.
43. Shaikh T., Kumar S. S. Pharmaceutical and pharmacological profile of guar gum an overview. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 2011. 3 (supplement 5). P. 38–40.
44. *Economics*, 3(4), 43–56. URL: <http://are-journal.com/are/article/view/134> [in Ukrainian].
45. Udova, L. O. & Prokopenko, K. O. (2018). Nishevi kultury – novi perspektyvy dlia malykh subiektiv hospodariuvannya v aharnomu rynku [Niche crops – new prospects for small businesses in the agricultural market]. *Ekonomika silskoho hospodarstva – Agricultural economics*, 3, 102–117. <https://doi.org/10.15407/eip2018.03.102> [in Ukrainian].
46. Nair, R. M., Yang, R.-Y., Easdown, W. J., Thavarajah, D., Thavarajah, P., Hughes, J. d. A. & Keatinge, J. (2013). Biofortification of mung bean (*Vigna radiata*) as a whole food to enhance human health. *J. Sci. Food Agric*, 93, 1805–1813.
47. Kumar, G. & Baojun, X. (2018). A critical review on phytochemical profile and health promoting effects of mung bean (*Vigna radiata*). *Food Science and Human Wellness*, 7(1), 11–33. doi:10.1016/j.fshw.2017.11.002.
48. Lambrides, C. J. & Godwin, I. D. (2007). Mungbean. In: *Pulses, Sugar and Tuber Crops, Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants*, Berlin, Heidelberg: Springer, 69–90. doi:10.1007/978-3-540-34516-9\_4.
49. Damme Patrick Van (2007). *Plant Resources of Tropical Africa 1. Cereals and Pulses. Economic Botany*, 61(1), 108. doi:10.1663/0013-0001(2007)61.
50. Nimkar, P. M. & Chattopadhyay, P. K. (2001). Some physical properties of green gram. *J. Agric. Eng. Res.*, 80, 183–189.
51. Unal, H., Isik, E., Izli, N., & Tekin, Y. (2008). Geometric and mechanical properties of mung bean (*Vigna radiata* L.) grain: effect of moisture. *Int. J. Food Properties*, 11, 585–599.
52. Shabanov E. Mash – zolotysta kvasolia [Mash – golden beans]. *AgroTimes – AgroTimes*. URL: [https://agrotimes.ua/article/mash\\_-\\_zolotista\\_kvasolya](https://agrotimes.ua/article/mash_-_zolotista_kvasolya). [in Ukrainian].
53. Dahiya, P. K., Linnemann, A. R., Van Boekel, M. A. J. S., Khetarpaul, N., Grewal R. B., & Nout, M. J. R. (2015). Mung bean: technological and nutritional potential. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(5), 670–688. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.671202>.
54. Annapurani, S., & Murthy, N. K. (1985). Bioavailability of iron by invitro method II—from selected foods/diets and effect of processings. *Indian J. of Nutr. Diet.*, 24, 95–105.
55. Muhammed, T., Manohar, S. & Hunna, L. (2010). Polyphenols of mung bean (*Phaseolus aureus* L.) cultivars differing in seed coat color: Effect of dehulling. *J. New Seeds*, 4, 369–379.
56. Trung, B. C. & Yoshida, S. (1983). A comment on the varietal differences of production of mung bean and its grain properties. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 28, 413–417.
57. Sekhon, H. S., Bains, T. S., Kooner, B. S. & Sharma, P. (2007). Grow Summer Mungbean for Improving Crop Sustainability, Farm Income and Malnutrition. *Acta Horticulturae*, 752, 459–464. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.752.83>.
58. Doughton, J. A., & McKenzie, J. (1984). Comparative Effects of Black and Green Gram (Mung Beans) and Grain Sorghum on Soil Mineral Nitrogen and Subsequent Grain Sorghum Yields on the Eastern Darling Downs. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 24, 244–249. <https://doi.org/10.1071/EA9840244>.

## REFERENCES:

1. Volodin, S. (2017). Metodychni zasady fastplant-tehnologii shvydkoho vyrobnytstva nishevykh kultur [Methodical principles of fast plant technologies of fast production of niche crops]. *Agricultural and Resource*

16. Ilyas, N., Ambreen, F., Batool, N., Arshad, M., Mazhar, R., Bibi, F., & Saeed, M. (2018). Contribution of Nitrogen Fixed by Mung Bean to the Following Wheat Crop. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 49(2). 148–158. <https://doi.org/10.1080/00103624.2017.1421215>.
17. Bhardwaj, H. L., & Hamama, A. A. (2015). Cultivar, Planting Date, and Row Spacing Effects on Mungbean Performance in Virginia. *HortScience* horts, 50(9), 1309–1311. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.50.9.1309>.
18. Pataczek, L., Zahir, Z., Ahmad, M., Rani, S., Nair, R., Schafleitner, R., Cadisch, G. & Hilger, T. (2018). Beans with Benefits-The Role of Mungbean (*Vigna radiate*) in a Changing Environment. *American Journal of Plant Sciences*, 9, 1577–1600. doi: 10.4236/ajps.2018.97115.
19. Mansoor, M. (2006). Evaluation of various agronomic management practices for increased productivity of Mungbean (*Vigna radiate* L. Wilszek). Ph.D thesis, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Gomel University.
20. Khan, D. I., Rautaray, S., Ghosh, B. C. & Mittra, B. N. (2003). Effect of Fresh, organic wastes and chemical fertilizers on yield, nutrient uptake, heavy metal content and residual fertility in a Rice–Mustard cropping sequence under acid lateritic soils. *Bioresource Tech.*, 90(3), 275–283.
21. Mondal, M. M. A., Rahman, M. A., Akter, M. B. & Fakir, M. S. A. (2011). Effect of foliar application of nitrogen and micronutrients on growth and yield in mungbean. *Legume Res.*, 34(3), 166–171.
22. Foyalkabir, A. K. M., Quamruzzaman, Md., Rashid, S. M. M. Yeasmin, M., & Islam N. (2016). Effect of Plant Growth Regulator and Row Spacing on Yield of Mungbean (*Vigna radiate* L.). *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 16(4), 814–819.
23. Gresta, F., Avola, G., Cannavò, S., & Santonoceto, C. (2018). Morphological, biological, productive and qualitative characterization of 68 guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) genotypes. *Industrial Crops and Products*, 114, 98–107.
24. Shahrajabian, M. H., Sun, W., & Cheng, Q. (2019). A short review of health benefits and nutritional values of mung bean in sustainable agriculture. *Polish Journal of Agronomy*, 37, 31–36. <https://doi.org/10.26114/pja.iung.381.2019.37.05>.
25. Gupta, A. & Lal, S.S. (1988). Response of summer black gram to sowing dates and seed rates. *Ind. J. Agron.*, 34(2), 197–199.
26. Hayat, R., Ali, S., Ijaz, S. S., Chatha, T. H. & Siddique, M. T. (2008). Estimation of N<sub>2</sub>-fixation of mung bean and mash bean through xylem ureide technique under rain-fed conditions. *Pak. J. Bot.* 40(2). 723–734.
27. Aachakzai, A.K.K. & Taran, S.A. (2011). Effect of seed rate on growth, yield components and yield of mash bean grown under irrigated conditions of arid uplands of Balochistan, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, 43(2), 961–969.
28. Queensland dept. of primary industries and fisheries, 2006. Mungbean varieties and planting. <http://www.mungbean.org.au/aboutAMA.html>.
29. Mavlianova, R. V., Abdullaev, F. Kh., & Mansurov, Kh. B. (2020). Ahrotekhnologiya virashchivaniya novikh yntensivnykh sortov masha [Agrotechnology of cultivation of new intensive varieties of mash]. *Selskokhoziaistvennie tekhnologiy – Agricultural technologies*, 2(1), 1–7 [in Russian].
30. Noble, T., Young, A., Douglas, C., Williams, B., & Mundree, S. (2019). Diagnosis and management of halo blight in Australian mungbeans: a review. *Crop and Pasture Science*, 70, 195–203.
31. Murray, M. (1986). Mung Bean Production Costs. <http://www.rain.org/greenet/>
32. Senn, H. A. (1938). Chromosome number relationship in the Leguminosae. *Bibliographic Genetics*, 12, 175–336.
33. Banerjee, C., Ghosh, S., Sen, G., Mishra, S., Shukla, P., & Bandyopadhyay, R. (2013). Study of algal biomass harvesting using cationic guar gum from the natural plant source as flocculant. *Carbohydrate Polymers*. 92(1). 675–681.
34. Mahmood, A., Iqbal, M. A. M., & Saleem, M. I. (1988). Growth and yield of three guar cultivars as influenced by different row spacing. *Pak. J. Agric. Res.*, 9, 168–170.
35. Meftahizadeh, H., Ghorbanpour, M., Asareh, M. H. (2019). Comparison of morphological and phytochemical characteristics in guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) landraces and cultivars under different sowing dates in an arid environment. *Industrial Crops and Products*, 140, 111606.
36. Mudgil, D., Barak, S., & Khatkar, B. S. (2014). Guar gum: processing, properties and food applications – a review. *Journal of food science and technology*, 51(3), 409–418.
37. Gendy, A. S., Said-Al Ahl, H. A., Mahmoud, A. A., & Mohamed, H. F. (2013). Effect of nitrogen sources, bio-fertilizers and their interaction on the growth, seed yield and chemical composition of guar plants. *Life Science Journal*, 10(3), 389–402.
38. Chudzickowski, R. J. (1971). Guar gum and its applications. *J Soc Cosmet Chem.*, 22(1), 43.
39. Gresta, F., Avola, G., Cannavò, S. & Santonoceto, C. (2018). Morphological, biological, productive and qualitative characterization of 68 guar (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) genotypes. *Industrial Crops and Products*, 114, 98–107.
40. Sortino, O. & Gresta, F. (2007). Growth and yield performance of five guar cultivars in a Mediterranean environment. *Italian Journal of Agronomy*, 2(4), 359–364.
41. Singla, S., Grover, K., Angadi, S. V., Begna, S. H., Schutte, B. & Van Leeuwen, D. (2016). Growth and yield of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) genotypes under different planting dates in the semi-arid Southern High Plains. *American Journal of Plant Sciences*, 7(8), 1246–1258.
42. Rasheed, M. J. Z., Ahmad, K., Ashraf, M., Al-Qurainy, F., Khan, S. & Athar, H. U. R. (2015). Screening of diverse local germplasm of guar [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.] for salt tolerance: a possible approach to utilize salt-affected soils. *Pak. J. Bot.*, 47(5), 1721–1726.
43. Shaikh, T. & Kumar, S. S. (2011). Pharmaceutical and pharmacological profile of guar gum an overview. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 3(5), 38–40.

Вожегова Р.А., Боровик В.О., Грабовський М.Б., Марченко Т.Ю., Грабовська Т.О. Нішеві культури – нові можливості агропромислового комплексу України

**Мета.** Узагальнити відомості про особливості рослин гуара й маш, їхні генетичні ресурси, що зберігаються у світових колекціях, господарську цінність продукції і про перспективи вирощування цих нетрадиційних для України культур у південних регіонах. **Матеріали та методика досліджень.** Матеріалами досліджень слугували наукові праці з питань особливостей росту і розвитку, вирощування, поточних та перспективних ресурсних можливостей селекції гуара й маша в Україні та світі. Методи: кількісне та якісне порівняння, абстрактно-логічний, аналітичний. **Результати.** У 2020–2021 рр. в Інституті зрошуваного землеробства НААН вивчалися зразки колекції нової нішевої культури – гуар, надісланої з Національного центру генетичних ресурсів рослин України. Унаслідок дослідження впродовж двох років тривалості періоду вегетації отриманих зразків встановлено, що найкоротшим, 124,5–125,0 дб, характеризувались IU074659 Maharandi, IU074660 Sheetal, IU074657 Ankur. Не дозріли всі сформовані на рослині боби у зразків IU07466 Haldi bhati з тривалістю періоду вегетації 133 доби та у IU074658 Pusa Naubahar, 129,5 дб, проте вони сформували максимальну врожайність. Найбільше насінини на рослині нараховувалось у IU074661 Haldi bhati – 329 штук та у IU07465 Pusa Naubahar – 262,5 штук. Ці ж зразки сформували найкращу врожайність: IU07465 Pusa Naubahar, 315 г/м<sup>2</sup> та IU074661 Haldi bhati, 334 г/м<sup>2</sup>. Висота рослин у досліджуваних зразків знаходилась у межах 43,2 – 69,5 см (IU074661 Haldi bhati, IU074663 Tindal – IU074659 Maharandi, відповідно), а висота прикріплення бобу коливалась від 3,0 до 4,2 см (IU074657 Ankur – IU074658 Pusa Naubahar, відповідно), що відповідає градації «дуже мала». **Висновки.** Селекційна робота, створення та вирощування вітчизняних сортів гуару та машу є необхідною для України для використання цих культур в харчовій, косметичній, нафтовидобувній промисловості, що дозволить зменшити імпорт та заощадити значні валютні ресурси.

**Ключові слова:** нішеві культури, маш, гуар, сорт, гуарова камедь.

Vozhegova R.A., Borovik V.O., Grabovsky M.B., Marchenko T.Yu., Grabovskaya T.O. Niche cultures – new opportunities for the agro-industrial complex of Ukraine

**Purpose.** Generalize information about the features of guar and mung plants, their genetic resources stored in world collections, the economic value of products and the prospects for growing these non-traditional for Ukraine crops in the southern regions. **Materials and research methods** – research materials were scientific papers on the peculiarities of growth and development, cultivation, current and future resource opportunities for the selection of guar and mash in Ukraine and the world. **Methods:** quantitative and qualitative comparison, abstract-logical, analytical. **Results.** In 2020–2021, the Institute of Irrigated Agriculture of NAAS studied samples of the collection of a new niche culture – guar, sent from the National Center for Plant Genetic Resources of Ukraine. As a result of a two-year study of the vegetation period of the obtained samples, it was found that the shortest, 124.5–125.0 days, were characterized by IU074659 Maharandi, IU074660 Sheetal, IU074657 Ankur. Not all beans formed on the plant were ripe in samples IU07466 Haldi bhati with a growing season of 133 days and in IU074658 Pusa Naubahar, 129.5 days, but they formed the maximum yield. The largest number of seeds per plant was in IU074661 Haldi bhati – 329 pieces and in IU07465 Pusa Naubahar – 262.5 pieces. The same samples formed the best yields: IU07465 Pusa Naubahar, 315 g/m<sup>2</sup> and IU074661 Haldi bhati, 334 g/m<sup>2</sup>. The height of plants in the studied samples was in the range of 43.2 – 69.5 cm (IU074661 Haldi bhati, IU074663 Tindal – IU074659 Maharandi, respectively), and the height of bean attachment ranged from 3.0 to 4.2 cm (IU074657 Ankur – IU074658 Pusa Naubahar, respectively), which corresponds to a gradation of “very small”. **Conclusions.** Selection work, creation and cultivation of domestic varieties of guar and mahogany is necessary for Ukraine to use these crops in the food, cosmetics, oil and gas industries, which will reduce imports and save significant foreign exchange resources.

**Key words:** niche crops, mung bean, guar, variety, guar gum.

## ОЦІНКА ПОСУХОСТІЙКОСТІ ПОПУЛЯЦІЙ ЛЮЦЕРНИ КОРМОВОГО ВИКОРИСТАННЯ В РІК СІВБИ ЗА МАТЕМАТИЧНИМИ ІНДЕКСАМИ

**ВОЖЕГОВА Р.А.** – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік

Національної академії аграрних наук

[orcid.org/0000-0002-3895-5633](https://orcid.org/0000-0002-3895-5633)

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

**ТИЩЕНКО А.В.** – доктор сільськогосподарських наук

[orcid.org/0000-0003-1918-6223](https://orcid.org/0000-0003-1918-6223)

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

**ТИЩЕНКО О.Д.** – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

[orcid.org/0000-0002-8095-9195](https://orcid.org/0000-0002-8095-9195)

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

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

[orcid.org/0000-0001-8649-0618](https://orcid.org/0000-0001-8649-0618)

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

**ГАЛЬЧЕНКО Н.М.** – кандидат сільськогосподарських наук,

[orcid.org/0000-0002-1717-5101](https://orcid.org/0000-0002-1717-5101)

Асканійська Державна сільськогосподарська дослідна станція

Інституту зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

Люцерна – багаторічна кормова культура, що вирощується в усьому світі та характеризується високою продуктивністю біомаси, поживною цінністю, а також сприяє підвищенню родючості ґрунту [23], захищає ґрунти від вітрової та водної ерозії [1; 3]. Крім того, фіксація атмосферного азоту робить її незамінним попередником для інших сільськогосподарських культур.

Люцерна зростає в широкому діапазоні кліматичних умов, від екватора і майже до арктичних полярних кіл [29]. Проте згідно з численними прогнозами глобальна зміна клімату призведе до підвищення температури, зміни географічної структури опадів і в майбутньому до збільшення частоти екстремальних кліматичних явищ [2; 17], що вже спостерігається в умовах Півдня України. Посуха – найбільш поширена екологічна проблема, оскільки обмежує можливості сільськогосподарських рослин, знижуючи їх продуктивність [18; 27]. Пагубні наслідки посухи є серйозним обмеженням для вирощування цієї культури [34; 36]. Але вона за рахунок потужної і розгалуженої кореневої системи вважається культурою з високою посухостійкістю й широкою адаптивністю до посушливих умов [24; 33]. Проте, як і будь-яка інша культура, вона негативно реагує на посуху і, щоб адаптуватися в стресових умовах, у неї виникають морфологічні, фізіологічні, біохімічні або молекулярні зміни, що необхідно враховувати при створенні посухостійких сортів з одночасним підвищенням врожайності та якості продукції.

За настання посушливого періоду рослини люцерни (*Medicago*) скорочують надземну вегетативну масу [11; 12], що обмежує індекс площі листя і внаслідок чого зменшується продуктивність біомаси. Тому для стабілізації і підвищення продуктивності люцерни потрібно збільшити посухостійкість рослин люцерни, а дослідження цієї ознаки є важливим етапом у селекційних програмах [37].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Величина втрати вологи від евапотранспірації неухильно зростає, і ця тенденція в майбутньому буде тільки погіршуватися [2], тому зниження врожайності є головною проблемою і підставою для селекціонерів з посилення робіт з адаптації сільськогосподарських культур до зміни клімату і, відповідно, підвищення їх продуктивності в стресових умовах [8]. Чутливість рослин до посухи визначається як функція зниження врожайності при водному стресі [20] в порівнянні з потенційною врожайністю. Тому для диференціації генотипів з посухостійкістю використовуються різні математичні індекси, які ґрунтуються на продуктивності рослин в оптимальних і стресових умовах [15; 25] для відбору посухостійких генотипів [7; 26; 38].

Rosielle A.A. et al. [31] запропонували використовувати індекс толерантності (TOL) як різницю між врожайністю при зрошенні і врожайністю в умовах природного зволоження, а також середню врожайність (MP), як середнє арифметичне значення врожайності в стресових і оптимальних умовах. Blum A. [4; 5] визначив індекс посухостійкості (DI), який був загальноприйнятим для визначення генотипів, що забезпечують високу врожайність як в стресових, так і в кращих умовах. Fisher R. A. et al. [15] рекомендують застосовувати індекс сприйнятливості до стресу (SSI) для визначення стабільності продуктивності рослин, який фіксує значення врожайності в оптимальних і стресових умовах. Fernandez C. J. [14] та Saba J. et al. [32] радять вживати індекс толерантності до стресу (STI) та рекомендують використовувати його в селекційних програмах для скринінгу високоврожайних генотипів в умовах стресу і його відсутності. Для визначення сприйнятливості сортів до стресу через різну інтенсивність посухи в різні роки Fernandez C. J. [14] та Kristin A.S. et al. [21] запропонували використовувати середньогометричну продуктивність (GMP) сортів в обох середовищах. Крім того, Gavuzzi et al. [16], Bouslama M. et al. [6] та Choukan R. et al. [10] запропо-

нували використовувати індекс врожайності (YI), індекс стабільності врожайності (YSI) і індекс зниження врожайності (YRI) відповідно.

Із метою підвищення ефективності індексу STI Farshadfar E. et al. [13] запропонували модифіковані індекси стійкості до стресу ( $M_1STI$ ,  $M_2STI$ ), які коригують STI. Для скринінгу посухостійких генотипів в різних умовах середовища Moosavi S.S. et al. [28] представили процентний індекс схильності до стресу (SSPI).

Tyshchenko A.V. et al. [40] запропонували індекс стійкості до стресу ISR, який, на їхню думку, характеризує генотипи за стійкістю до стресу за меншою різницею врожайності в оптимальних та лімітуючих умовах, враховує високу продуктивність при стресі [35; 39].

Виходячи з аналізу літературного матеріалу, існує 16 індексів з визначення посухостійкості генотипів, які ми застосовували у своїх дослідженнях.

**Мета.** Провести оцінку реакції сортів, популяцій люцерни у різних середовищах та визначити кращі не тільки за посухостійкістю, а й за продуктивністю в умовах стресу з подальшим використанням їх в селекційному процесі.

**Матеріали і методи.** Дослідження проводили в Інституті зрошувального землеробства НААН (Україна, м. Херсон, сел. Наддніпрянське, 46°44'50.1"N 32°42'30.0"E), що розташоване на Інгuleцькому зрошуваному масиві, протягом 2017–2019 рр. у польових умовах. Об'єктом вивчення були сорти та популяції люцерни при кормовому використанні за двох умов зволоження: **зрошення** (краплинне зрошення) та природного зволоження на травостой першого року використання. Продуктивність та посухостійкість визначали з використанням різних індексів розроблених різними авторами: індекс середньої врожайності MP, індекс толерантності до посухи TOL [31], індекс чутливості до посухи SSI, індекс відносної посухостійкості RDI [15], індекс стабільності врожаю YSI [6], індекс урожайності YI [16; 25], індекс толерантності до стресу STI [14], середня геометрична урожайність GMP [14; 21], індекс посухостійкості DI [4; 5; 22], індекс схильності до стресу SSPI [28], модифіковані індекси толерантності до стресу  $M_1STI$ ,  $M_2STI$ ,  $MSTI$  [17], гармонійна продуктивність HMP [9; 19; 21] та індексом стійкості до стресу ISR [35; 39; 40].

Проведено кореляційний аналіз між індексами врожайності зеленої маси та посухостійкості для визначення найкращих посухостійких генотипів та індексів. Аналіз головних компонентів (PCA) проводили на основі спостережень. Як кореляцію, так і PCA проводили за допомогою Microsoft® Excel 2013/XLSTAT® -Pro (версія 2015.6.01.23953, 2015, Addinsoft, Inc., Бруклін, Нью-Йорк, США). Статистичну обробку експериментальних даних проводили AgroSTAT, Statistica (v. 13).

**Результати досліджень та їх обговорення.** Погодні умови за роки проведення досліджень різнилися як за температурним режимом, так і за кількістю та характером опадів, що дало можливість проаналізувати сорти та популяції люцерни на стійкість до стресових (посушливих) умов. Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) у 2017 і 2018 роках варіював в межах 0,51–0,55, що вказує на дуже посушливі кліматичні умови, тоді як

у 2019 році він складав 0,88, що відповідає посушливим умовам.

На першому році життя травостою за середньою урожайністю (MP) популяції у посушливі та оптимальні роки, яка характеризує його потенційну урожайність, виділилося дві популяції люцерни: А.г. d. та ФХНВ<sup>2</sup> з урожайністю зеленої маси 2,09 й 1,99 кг/м<sup>2</sup> в стресових умовах, з високим індексом MP (4,57 й 4,85), але у популяції А.г. d. урожайність при зрошенні була на 0,67 кг/м<sup>2</sup> нижчою. У популяцій В.11 / П. d., Ж. / ЦП-11 та М.agr. / С. відзначається також високий індекс MP (4,70; 4,58; 4,50) внаслідок високої урожайності за оптимальних умов (зрошення), але низької або середньої – при стресі. Діапазон коливання цього індексу склав від 3,56 до 4,85 (табл. 1).

За індексом чутливості до посухи (SSI), що коливався у вивчених популяцій в межах 0,83–1,16, і посухостійкість збільшується при низьких показниках цього індексу. Три популяції: А.г. d., ФХНВ<sup>2</sup> та Ж. / ЦП-11 характеризуються найнижчими значеннями 0,83, 0,87 й 0,89, відповідно.

Індекс толерантності до посухи (TOL) показує втрату урожайності під впливом посухи. Посухостійкість збільшується при низьких показниках цього індексу. Максимальний прояв толерантності до стресу встановлено у популяції А.г. d. з показником індексу 4,95, яка сформувала урожайність зеленої маси 7,04 кг/м<sup>2</sup> в оптимальних умовах і високу 2,09 кг/м<sup>2</sup> в умовах стресу. Діапазон варіювання його у досліджуваних генотипів складав від 4,95 до 7,35.

Індекс стабільності урожаю (YSI) характеризує відношення урожайності в умовах стресу до урожайності в оптимальних умовах. Коливання цього індексу у досліджуваних популяцій становили 0,01–0,30. Найвищий рівень стабільності урожайності продемонстрували три популяції: А.г. d. (0,30), ФХНВ<sup>2</sup> (0,26) та Ж. / ЦП-11 (0,24), які показали и високий індекс урожайності (YI) з показниками 196,8; 187,37 та 166,65, відповідно. Розмах варіювання цього індексу дорівнював 8,47–196,78.

Дві перші з них були кращими за індексами середньої геометричної урожайності (GMP = 3,84 і 3,92,) як середнє пропорційне відношення урожайності в посушливому та оптимальному роках з коливаннями у генотипів 0,76–3,92. Виділилися вони і за відносної посухостійкості (RDI), індексом посухостійкості (DI) і гармонійної продуктивності (HMP) з показниками: 1,99 і 1,73, 0,5842 і 0,4836 та 3,22 і 3,16, відповідно. Діапазон мінливості цих показників дорівнював від 0,13–1,99; 0,0012–0,5842; 0,18–3,22, відповідно.

Серед вивчених генотипів найменшим рівнем схильності до стресу (SSPI = 34,68) характеризувався генотип А.г. d., хоча максимальний показник цього індексу досягав значення 51,50 (найгірший показник).

Модифіковані індекси толерантності до стресу ( $M_1STI$ ,  $M_2STI$  і  $MSTI$ ) вивчали з метою більш ймовірного визначення посухостійких генотипів та корегування їх індексу толерантності до стресу (STI) залежно від умов вирощування. Високим індексом  $M_1STI$  рівному 0,3517 виділився генотип ФХНВ<sup>2</sup> і дві популяції люцерни (А.г. d. і ФХНВ<sup>2</sup>) з індексом  $M_2STI$  і  $MSTI$  – 1,1188 й 1,0577 та 0,3146 й 0,3720,

Таблиця 1

Урожайність зеленої маси люцерни першого року при зрошенні і в умовах природного зволоження та індекси посухостійкості (2017–2019 рр.)

| Назва                        | Скоро-<br>чення | Yp   | Ys   | MP   | SSI  | TOL  | YSI  | YI     | STI  | GMP  | RDI  | DI     | SSPI  | M <sub>1</sub> STI | M <sub>2</sub> STI | MSTI   | ATI  | HMP  | ISR  |
|------------------------------|-----------------|------|------|------|------|------|------|--------|------|------|------|--------|-------|--------------------|--------------------|--------|------|------|------|
| Унітро, стандарт             | G1              | 7,47 | 1,35 | 4,41 | 0,96 | 6,12 | 0,18 | 127,11 | 0,20 | 3,18 | 1,21 | 0,2297 | 42,88 | 0,2170             | 0,3199             | 0,0694 | 2,89 | 2,29 | 2,01 |
| Елеґія                       | G2              | 7,11 | 0,68 | 3,90 | 1,06 | 6,43 | 0,10 | 64,03  | 0,09 | 2,20 | 0,64 | 0,0612 | 45,05 | 0,0942             | 0,0389             | 0,0037 | 2,10 | 1,24 | 0,83 |
| Приморка                     | G3              | 6,88 | 1,02 | 3,95 | 1,00 | 5,86 | 0,15 | 96,04  | 0,14 | 2,65 | 1,00 | 0,1424 | 41,06 | 0,1281             | 0,1271             | 0,0163 | 2,31 | 1,78 | 1,41 |
| M.g. / П.п.                  | G4              | 7,38 | 1,25 | 4,32 | 0,98 | 6,13 | 0,17 | 117,69 | 0,18 | 3,04 | 1,14 | 0,1993 | 42,95 | 0,1937             | 0,2509             | 0,0486 | 2,77 | 2,14 | 1,81 |
| Сін(с). / Приморка           | G5              | 7,50 | 0,15 | 3,83 | 1,15 | 7,35 | 0,02 | 14,12  | 0,02 | 1,06 | 0,13 | 0,0028 | 51,50 | 0,0244             | 0,0004             | 0,0000 | 1,16 | 0,29 | 0,16 |
| LR/ H                        | G6              | 7,04 | 1,24 | 4,14 | 0,97 | 5,80 | 0,18 | 116,75 | 0,17 | 2,95 | 1,18 | 0,2056 | 40,64 | 0,1668             | 0,2337             | 0,0390 | 2,55 | 2,11 | 1,83 |
| Приморка / Сін(с).           | G7              | 6,62 | 1,16 | 3,89 | 0,97 | 5,46 | 0,18 | 109,22 | 0,15 | 2,77 | 1,18 | 0,1914 | 38,26 | 0,1298             | 0,1799             | 0,0233 | 2,25 | 1,97 | 1,71 |
| A.-H. d. № 114               | G8              | 7,05 | 0,16 | 3,61 | 1,15 | 6,89 | 0,02 | 15,06  | 0,02 | 1,06 | 0,15 | 0,0034 | 48,27 | 0,0216             | 0,0005             | 0,0000 | 1,09 | 0,31 | 0,17 |
| A.-H.d. № 15                 | G9              | 6,95 | 0,32 | 3,64 | 1,12 | 6,63 | 0,05 | 30,13  | 0,04 | 1,49 | 0,31 | 0,0139 | 46,45 | 0,0414             | 0,0040             | 0,0002 | 1,47 | 0,61 | 0,35 |
| A.-H. d. № 38                | G10             | 6,72 | 0,83 | 3,78 | 1,03 | 5,89 | 0,12 | 78,15  | 0,11 | 2,36 | 0,83 | 0,0965 | 41,27 | 0,0971             | 0,0669             | 0,0065 | 2,07 | 1,48 | 1,08 |
| Добір за к.с.                | G11             | 6,46 | 0,09 | 3,28 | 1,16 | 6,37 | 0,01 | 8,47   | 0,01 | 0,76 | 0,09 | 0,0012 | 44,63 | 0,0094             | 0,0001             | 0,0000 | 0,72 | 0,18 | 0,09 |
| Ram. d.                      | G12             | 6,80 | 1,19 | 4,00 | 0,97 | 5,61 | 0,18 | 112,04 | 0,16 | 2,84 | 1,18 | 0,1961 | 39,31 | 0,1443             | 0,1995             | 0,0288 | 2,38 | 2,03 | 1,75 |
| (Емерауде / Т.) <sup>2</sup> | G13             | 7,38 | 1,32 | 4,35 | 0,96 | 6,06 | 0,18 | 124,28 | 0,19 | 3,12 | 1,20 | 0,2223 | 42,46 | 0,2046             | 0,2955             | 0,0604 | 2,81 | 2,24 | 1,96 |
| Т. / Емерауде                | G14             | 7,36 | 0,52 | 3,94 | 1,09 | 6,84 | 0,07 | 48,96  | 0,08 | 1,96 | 0,47 | 0,0346 | 47,92 | 0,0799             | 0,0180             | 0,0014 | 1,99 | 0,97 | 0,60 |
| M.g. / ЦП-11                 | G15             | 7,21 | 1,21 | 4,21 | 0,98 | 6,00 | 0,17 | 113,93 | 0,17 | 2,95 | 1,13 | 0,1912 | 42,04 | 0,1749             | 0,2223             | 0,0389 | 2,64 | 2,07 | 1,75 |
| Зимостійка / М.К.            | G16             | 6,63 | 0,49 | 3,56 | 1,09 | 6,14 | 0,07 | 46,14  | 0,06 | 1,80 | 0,50 | 0,0341 | 43,02 | 0,0551             | 0,0136             | 0,0007 | 1,65 | 0,91 | 0,57 |
| М.агр. / С.                  | G17             | 7,51 | 1,48 | 4,50 | 0,94 | 6,03 | 0,20 | 139,35 | 0,22 | 3,33 | 1,32 | 0,2746 | 42,25 | 0,2417             | 0,4238             | 0,1024 | 2,99 | 2,47 | 2,30 |
| A.r. d.                      | G18             | 7,04 | 2,09 | 4,57 | 0,83 | 4,95 | 0,30 | 196,78 | 0,29 | 3,84 | 1,99 | 0,5842 | 34,68 | 0,2812             | 1,1188             | 0,3146 | 2,83 | 3,22 | 4,23 |
| M.g. / M.agr.                | G19             | 6,71 | 1,21 | 3,96 | 0,96 | 5,50 | 0,18 | 113,93 | 0,16 | 2,85 | 1,21 | 0,2054 | 38,54 | 0,1410             | 0,2069             | 0,0292 | 2,33 | 2,05 | 1,80 |
| M.g. d.                      | G20             | 7,32 | 0,99 | 4,16 | 1,02 | 6,33 | 0,14 | 93,21  | 0,14 | 2,69 | 0,91 | 0,1261 | 44,35 | 0,1497             | 0,1236             | 0,0185 | 2,54 | 1,74 | 1,32 |
| ФХНВ <sup>2</sup>            | G21             | 7,71 | 1,99 | 4,85 | 0,87 | 5,72 | 0,26 | 187,37 | 0,30 | 3,92 | 1,73 | 0,4836 | 40,08 | 0,3517             | 1,0577             | 0,3720 | 3,33 | 3,16 | 3,62 |
| В.11 / П. д.                 | G22             | 7,73 | 1,66 | 4,70 | 0,92 | 6,07 | 0,21 | 156,30 | 0,25 | 3,58 | 1,44 | 0,3356 | 42,53 | 0,2956             | 0,6155             | 0,1820 | 3,24 | 2,73 | 2,69 |
| Ж. / ЦП-11                   | G23             | 7,38 | 1,77 | 4,58 | 0,89 | 5,61 | 0,24 | 166,65 | 0,26 | 3,61 | 1,61 | 0,3997 | 39,31 | 0,2743             | 0,7124             | 0,1954 | 3,02 | 2,86 | 3,06 |
| Сибір. 8, d.                 | G24             | 7,31 | 1,32 | 4,32 | 0,96 | 5,99 | 0,18 | 124,28 | 0,19 | 3,11 | 1,21 | 0,2244 | 41,97 | 0,1988             | 0,2927             | 0,0582 | 2,77 | 2,24 | 1,97 |
| Середньо-<br>популяційна     |                 | 7,14 | 1,06 | 4,10 | 1,00 | 6,07 | 0,15 | 100,00 | 0,15 | 2,63 | 0,99 | 0,1858 | 42,56 | 0,1548             | 0,2718             | 0,0671 | 2,33 | 1,80 | 1,63 |
| Медіана                      |                 | 7,16 | 1,20 | 4,07 | 0,98 | 6,05 | 0,18 | 112,99 | 0,16 | 2,85 | 1,16 | 0,1938 | 42,36 | 0,1470             | 0,2032             | 0,0290 | 2,46 | 2,04 | 1,75 |

V, % 5,0083 52,9454 9,5898 8,9298 8,5301 51,7512 52,9456 55,7080 33,5106 51,4441 82,0506 8,5268 60,1782 115,3135 145,1253 29,7664 48,9994 65,8331

SX<sub>абс.</sub> 0,0730 0,1148 0,0803 0,0183 0,1058 0,0157 10,8075 0,0171 0,1799 0,1040 0,0311 0,7408 0,0190 0,0640 0,0199 0,1415 0,1796 0,2188

SX<sub>віднос.</sub> 1,0223 10,8074 1,9575 1,8228 1,7412 10,5637 10,8075 11,3713 6,8403 10,5010 16,7485 1,7405 12,2838 23,5383 29,6236 6,0760 10,0020 13,4381

HIP<sub>01</sub> 0,2313 0,3639 0,2545 0,0579 0,3353 0,0497 34,2597 0,0541 0,5703 0,3296 0,0986 2,3482 0,0603 0,2028 0,0630 0,4486 0,5693 0,6935

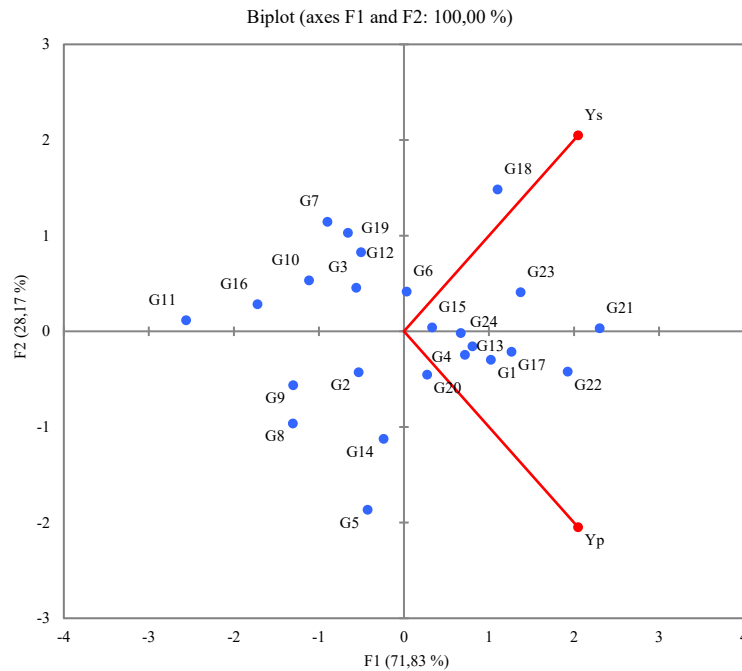
HIP<sub>05</sub> 0,1671 0,2629 0,1839 0,0418 0,2422 0,0359 24,7491 0,0391 0,4120 0,2381 0,0713 1,6963 0,0436 0,1465 0,0455 0,3241 0,4112 0,5010



Таблиця 2

Матриця кореляційних зв'язків між урожайністю зеленої маси люцерни першого року життя при зрошенні і в умовах природного зволоження та індексами посухостійкості (2017–2019 рр.)

|                    | Y <sub>p</sub> | Y <sub>s</sub> | MP     | SSI    | TOL    | YSI    | YI     | STI    | GMP    | RDI    | DI     | SSPI   | M <sub>1</sub> STI | M <sub>2</sub> STI | MSTI   | ATI    | HMP    | ISR    |
|--------------------|----------------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|
| Y <sub>p</sub>     | 1,000          | 0,437          | 0,767  | -0,368 | 0,216  | 0,356  | 0,437  | 0,503  | 0,465  | 0,356  | 0,407  | 0,216  | 0,604              | 0,462              | 0,484  | 0,588  | 0,436  | 0,419  |
| Y <sub>s</sub>     | 0,437          | 1,000          | 0,912  | -0,996 | -0,784 | 0,993  | 1,000  | 0,996  | 0,985  | 0,995  | 0,961  | -0,784 | 0,968              | 0,877              | 0,801  | 0,938  | 0,998  | 0,981  |
| MP                 | 0,767          | 0,912          | 1,000  | -0,878 | -0,461 | 0,870  | 0,912  | 0,939  | 0,914  | 0,872  | 0,871  | -0,461 | 0,965              | 0,837              | 0,792  | 0,936  | 0,910  | 0,891  |
| SSI                | -0,368         | -0,996         | -0,878 | 1,000  | 0,827  | -0,999 | -0,996 | -0,984 | -0,981 | -0,999 | -0,953 | 0,827  | -0,941             | -0,855             | -0,770 | -0,922 | -0,994 | -0,975 |
| TOL                | 0,216          | -0,784         | -0,461 | 0,827  | 1,000  | -0,833 | -0,784 | -0,734 | -0,748 | -0,834 | -0,762 | 1,000  | -0,634             | -0,633             | -0,536 | -0,612 | -0,782 | -0,776 |
| YSI                | 0,356          | 0,993          | 0,870  | -0,999 | -0,833 | 1,000  | 0,993  | 0,979  | 0,979  | 0,999  | 0,951  | -0,833 | 0,933              | 0,850              | 0,763  | 0,918  | 0,992  | 0,973  |
| YI                 | 0,437          | 1,000          | 0,912  | -0,996 | -0,784 | 0,993  | 1,000  | 0,996  | 0,985  | 0,995  | 0,961  | -0,784 | 0,968              | 0,877              | 0,801  | 0,938  | 0,998  | 0,981  |
| STI                | 0,503          | 0,996          | 0,939  | -0,984 | -0,734 | 0,979  | 0,996  | 1,000  | 0,982  | 0,982  | 0,958  | -0,734 | 0,985              | 0,888              | 0,820  | 0,948  | 0,993  | 0,977  |
| GMP                | 0,465          | 0,985          | 0,914  | -0,981 | -0,748 | 0,979  | 0,985  | 0,982  | 1,000  | 0,980  | 0,902  | -0,748 | 0,956              | 0,798              | 0,716  | 0,978  | 0,994  | 0,937  |
| RDI                | 0,356          | 0,995          | 0,872  | -0,999 | -0,834 | 0,999  | 0,995  | 0,982  | 0,980  | 1,000  | 0,953  | -0,834 | 0,937              | 0,854              | 0,768  | 0,918  | 0,993  | 0,975  |
| DI                 | 0,407          | 0,961          | 0,871  | -0,953 | -0,762 | 0,951  | 0,961  | 0,958  | 0,902  | 0,953  | 1,000  | -0,762 | 0,933              | 0,967              | 0,911  | 0,822  | 0,939  | 0,996  |
| SSPI               | 0,216          | -0,784         | -0,461 | 0,827  | 1,000  | -0,833 | -0,784 | -0,734 | -0,748 | -0,834 | -0,762 | 1,000  | -0,633             | -0,633             | -0,536 | -0,612 | -0,781 | -0,776 |
| M <sub>1</sub> STI | 0,604          | 0,968          | 0,965  | -0,941 | -0,634 | 0,933  | 0,968  | 0,985  | 0,956  | 0,937  | 0,933  | -0,633 | 1,000              | 0,891              | 0,845  | 0,946  | 0,964  | 0,950  |
| M <sub>2</sub> STI | 0,462          | 0,877          | 0,837  | -0,855 | -0,633 | 0,850  | 0,877  | 0,888  | 0,798  | 0,854  | 0,967  | -0,633 | 0,891              | 1,000              | 0,984  | 0,722  | 0,843  | 0,948  |
| MSTI               | 0,484          | 0,801          | 0,792  | -0,770 | -0,536 | 0,763  | 0,801  | 0,820  | 0,716  | 0,768  | 0,911  | -0,536 | 0,845              | 0,984              | 1,000  | 0,650  | 0,763  | 0,885  |
| ATI                | 0,588          | 0,938          | 0,936  | -0,922 | -0,612 | 0,918  | 0,938  | 0,948  | 0,978  | 0,918  | 0,822  | -0,612 | 0,946              | 0,722              | 0,650  | 1,000  | 0,955  | 0,867  |
| HMP                | 0,436          | 0,998          | 0,910  | -0,994 | -0,782 | 0,992  | 0,998  | 0,993  | 0,994  | 0,993  | 0,939  | -0,781 | 0,964              | 0,843              | 0,763  | 0,955  | 1,000  | 0,965  |
| ISR                | 0,419          | 0,981          | 0,891  | -0,975 | -0,776 | 0,973  | 0,981  | 0,977  | 0,937  | 0,975  | 0,996  | -0,776 | 0,950              | 0,948              | 0,885  | 0,867  | 0,965  | 1,000  |



**Рис. 1. Генотип-середовищна взаємодія популяцій люцерни і середовищ (метод біплат-аналіз)**

Лініями показані власні вектори провідних факторних навантажень для середовищ:

● — умови зволоження; ● — генотипи

відповідно. Розмах варіювання цих індексів був високий 0,0244–0,3517 ( $M_1STI$ ); 0,0005–0,7124 ( $M_2STI$ ); 0,000–0,3720 ( $MSTI$ ).

За індексом абіотичної толерантності (ATI), що коливався від 0,72 до 3,33, було виділено дві популяції ФХНВ<sup>2</sup> й В11 / П. d. з його значеннями 3,33 й 3,24, відповідно.

Високими показниками індексу стійкості до стресу (ISR = 4,23) характеризувалася популяція А.г. d., що мала найбільшу урожайність (2,09 кг/м<sup>2</sup>) при стресі і середню (7,04 кг/м<sup>2</sup>) при зрошенні.

Важливе значення має встановлення кореляційних зв'язків між урожайністю в умовах природного зволоження та різними індексами для ідентифікації генотипів за посухостійкістю.

Урожайність популяцій люцерни при стресі (Ys) має високу позитивну кореляційну залежність ( $r = 0,801-1,000$ ) з індексами MP, YSI, YI, STI, GMP, RDI, DI,  $M_1STI$ ,  $M_2STI$ ,  $MSTI$ , ATI, HMP та ISR і від'ємну з SSI ( $r = -0,996$ ), TOL та SSPI з  $r = -0,784$ . Між врожайністями за різних умов зволоження (зрошення і природне зволоження) має місце середня позитивна кореляційна залежність ( $r = 0,437$ ) (табл. 2).

За результатами GGE біплат-аналізу на травостой першого року життя була виділена більш стійка до посухи популяція G18 – А.г. d., що знаходиться в одній чверті з вектором урожайності в умовах природного зволоження (Ys) та максимально наближена до його вершини (рис. 1).

Популяція G22 – В.11 / П. d., що знаходяться в одній чверті з вектором урожайності при зрошенні, найкраще

відкликається на поліпшення умов зволоження, але показує різке зниження урожайності в умовах природного зволоження.

Популяція G21 – ФХНВ<sup>2</sup> знаходиться на осі між векторами урожайності при зрошенні та в умовах природного зволоження, що може вказувати на пластичність цих популяцій.

**Висновки.** За підсумками урожайності першого року можна зазначити:

- популяція А.г. d. найслабше реагує на погіршення умов зволоження та формує найвищу урожайність зеленої маси (2,09 кг/м<sup>2</sup>) в умовах природного зволоження;
- популяція ФХНВ<sup>2</sup> є пластичною та формує високу урожайність як при зрошенні, так і в умовах природного зволоження;
- популяція В.11 / П. d. – вибаглива до умов зволоження, тому найбільшу урожайність формує при зрошенні.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Abdelguerfi A., Abdelguerfi-Laouar M. Forage and pasture species: The uses in Maghreb (Algeria, Morocco, and Tunisia). FAO, Rome, Italy. 2002.
2. Aleksandrov V. Climate change on the Balkan Peninsula. *Ecology and future*. Vol. 1, № 2-4, 2002. P. 26–30.
3. Annicchiarico P., Pecetti L., Abdelguerfi A., Bouizgaren A., Carroni A.M., Hayek T., et al. Adaptation of landrace and variety germplasm and selection strategies for lucerne in the Mediterranean basin. *Field Crops Research*. Volume 120, Issue 2, 31 January, 2011. P. 283–291. doi: 10.1016/j.fcr.2010.11.003.
4. Blum A. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential – are they compatible, dissonant, or

- mutually exclusive? *Australian Journal of Agricultural Research*. 2005. Vol. 56, № 11. P. 1159–1168. URL: <https://doi.org/10.1071/AR05069>.
5. Blum A. Plant breeding for stress environments. *CRC Press, Boca Raton, Florida, USA*. 1988.
6. Bouslama M., Schapaugh W. T. Stress tolerance in soybean. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science*. 1984. Vol. 24, № 5. P. 933–937. doi: 10.2135/cropsci1984.0011183X002400050026x.
7. Boussen H., BenSalem M., Slama A., Mallek-Maalej E., Rezgui S. Evaluation of drought tolerance indices in durum wheat recombinant inbred lines Options Mediterraneennes. 2010. 95. C. 79–83. URL: <http://om.ciheam.org/om/pdf/a95/00801329.pdf>.
8. Cattivelli L., Rizza F., Badeck F.W., Mazzucotelli E., Mastrangelo A.M., Francia E., Marè C., Tondelli A., Stanca A.M. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. *Field Crops Research*. 105, 2008. P. 1–14. doi: 10.1016/j.fcr.2007.07.004.
9. Chakherchaman S. A., Mostafaei H., Imanparast L., Eivazian M. R. Evaluation of drought tolerance in lentil advanced genotypes in Ardabil region. *Journal of Food Agriculture and Environment*. 2009. 7. P. 283–288.
10. Choukan R., Taherkhani T., Ghannadha M.R., Khodarahmi M. Evaluation of drought tolerance in grain maize in bred lines using drought tolerance indices. *Iran. J. Agric. Sci.* Vol. 8, Issue 1, 2006. P. 79–89.
11. Djamal Bellague, Mahfoud M'Hammedi-Bouzina, Aïssa Abdelguerfi. Measuring the performance of perennial alfalfa with drought tolerance indices. *Chilean journal of agricultural*. 76(3). 2016. p. 273–284. doi: 10.4067/S0718-58392016000300003.
12. Durand J. L. Les effets du stress hydrique sur la plante: The effects of water stress on the plant: Physiological aspects. *Fourrages*, 190, 2007. P. 181–195.
13. Farshadfar E., Sutka J. Multivariate analysis of drought tolerance in wheat substitution lines. *Cereal Res Commun*, 31, 2002. P. 33–40. URL: <https://www.jstor.org/stable/23787201>.
14. Fernandez C. J. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress. Aug. 13–16. Shanhu, Taiwan, 1992. P. 257–270.
15. Fisher R. A., Maurer R. Drought resistance in spring wheat cultivars. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*. 1978. Vol. 29, № 5. P. 897–912. Doi: [org/10.1071/AR9780897](https://doi.org/10.1071/AR9780897).
16. Gavuzzi P., Rizza F., Palumbo M. et al. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Canadian Journals of Plant Science*. 1997. Vol. 77, № 4. P. 523–531.
17. Harrison M. T., Tardieu F., Dong Z., Messina C. D., Hammer G. L. Characterizing drought stress and trait influence on maize yield under current and future conditions. *Glob. Change Biol*. 2014. Volume 20, Issue 3. P. 867–878. Doi: 10.1111/gcb.12381.
18. Hussain S. S., Raza H., Afzal I., Kayani M. A. Transgenic plants for abiotic stress tolerance: Current status. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2012. Volume 58, Issue 7. P. 693–721. doi: 10.1080/03650340.2010.540010.
19. Jafari A., Paknejad F., Jami Al-Ahmadi M. Evaluation of selection indices for drought tolerance of corn (*Zea mays* L.) hybrids. *Inter J. Plant Prod*. 2009. 3(4). P. 33–38.
20. Koleva M., Dimitrova V. Evaluation of drought Tolerance in new cotton cultivars using stress tolerance indices. *Agrofor International Journal*. 2018. Vol. 3, Issue 1. P. 11–17. Doi: 10.7251/AGRENG1801011K.
21. Kristin A. S., Serna R. R., Perez F. I., Enriquez B. C., Gallegos J. A. A., Vallejo P. R., Wassimi N., Kelley J. D. Improving common bean performance under drought stress. *CropSci*. 37. 1997. P. 43–50.
22. Lan J. Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*. 1998. Vol. 7. P. 85–87.
23. Latrach, L., Farissi M., Mouradi M., Makoudi B., Bouizgaren A., Ghoulam C. Growth and nodulation of alfalfa-rhizobia symbiosis under salinity: electrolyte leakage, stomatal conductance, and chlorophyll fluorescence. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2014. 38. P. 320–326. doi: 10.3906/tar-1305-52.
24. Lemaire G. La luzerne: Alfalfa. Productivity and quality. In Abdelguerfi, A. (ed.) forage Fabaceae diversity and their symbionts: biotechnological, agronomic and environmental applications. *International Workshop, Algiers, Algeria*. 2006. P. 174–182.
25. Lin C. S., Binns M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar × location data. *Can. J. PlantSci*. 1988. 68. P. 193–198. URL: <https://doi.org/10.4141/cjps88-018>.
26. Mitra J. Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants. *Current Sci*. 2001. 80. P. 758–762.
27. Mollasadeghi V., Valizadeh M., Shahryari R., Imani A. A. Evaluation of end drought tolerance of 12 wheat genotypes by stress indices. *World Applied Sciences Journal*. 2011. Volume 13, Issue 3. P. 545–551.
28. Moosavi S.S., Yazdi-Samadi B., Naghavi M.R., Zali A.A., Dashti H., Pourshahbazi A. Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. *Desert* 12, 2008. P. 165–178.
29. Muthukumar Bagavathiannan, Rene C. Van Acker. The Biology and Ecology of Feral Alfalfa (*Medicago sativa* L.) and Its Implications for Novel Trait Confinement in North America. March 2009, *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2009. Volume 28, Issue 1-2. P. 69–87. DOI: 10.1080/07352680902753613.
30. Naeemi M., Akbari G., Shirani Rad A.H., Modares Sanavi S.A.M., Sadat-Nuri S.A., Jabari H. Evaluation of drought tolerance in different. 2008.
31. Rosielle A.A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*. 1981. Vol. 21, № 6. P. 943–946. doi: 10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x.
32. Saba J., Moghaddam M., Ghassemi K., Nishabouri M.R. Genetic properties of drought resistance indices. *J. Agric. Sci. Technol*. 3, 2001. P. 43–49.
33. Shuo Li, Liqiang Wan, Zhongnan Nie, Xianglin Li. Fractal and Topological Analyses and Antioxidant Defense Systems of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Root System under Drought and Rehydration Regimes. *Agronomy*. 2020. Volume 10, Issue 6, P. 1–21. Doi: 10.3390/agronomy10060805.

34. Vasconcelos, E. S. D., Barioni Junior, W., Cruz, C. D., Ferreira, R. D. P., Rassini, J. B., & Vilela, D. Alfalfa genotype selection for adaptability and stability of dry matter production. *Acta Sci. Agron.* 2008. Vol. 30, № 3. P. 339–343. Doi: 10.4025/actasciagron.v30i3.3511.
35. Vozhehova Raisa, Tyshchenko Andrii, Tyshchenko Olena, Dymov Oleksandr, Piliarska Olena, Lykhovyd Pavlo. Evaluation of breeding indices for drought tolerance in alfalfa (*Medicago*) genotypes. *Scientific Papers. Series A. Agronomy.* 2021. Vol. LXIV, No. 2. P. 435–444.
36. Wang, Z., Ke, Q., Kim, M. D., Kim, S. H., Ji, C. Y., Jeong, J. C., et al. Transgenic alfalfa plants expressing the sweet potato orange gene exhibit enhanced abiotic stress tolerance. *PLoS ONE*, 10, 2015. Doi: 10.1371/journal.pone.0126050.
37. Yu L.-X. Identification of Single-Nucleotide Polymorphic Loci Associated with Biomass Yield under Water Deficit in Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Using Genome-Wide Sequencing and Association Mapping. *Front. Plant Sci.* June 2017, Volume 8. P. 1152. Doi: 10.3389/fpls.2017.01152.
38. Zou G.H., Liu H.Y., Mei H.W., Liu G.L., Yu X.Q., Li M.S., Wu J.H., Chen L., Luo L.J. Screening for Drought Resistance of Rice Recombinant Inbred Populations in the Field. *J. Integr. Plant Biol.* 2007. 49(10). P. 1508–1516.
39. Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Димов О.М., Люта Ю.О. Особливості прояву адаптивних ознак у селекційних популяцій люцерни при вирощуванні на насіння. *Вісник СумНАУ. Серія «Агрономія і біологія»*. 2021. Випуск 2(44). С. 3–11. DOI: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2021.2.1>
40. Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Люта Ю.О. Оцінка генотипів люцерни за насіннєвою продуктивністю на посухостійкість. *Таврійський науковий вісник. Херсон : ВД «Гельветика»*, 2021. № 120. С. 155–168. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.21>.
1. Abdelguerfi, A., & Abdelguerfi-Laouar, M. (2002). Forage and pasture species: The uses in Maghreb (Algeria, Morocco, and Tunisia). FAO, Rome, Italy
2. Aleksandrov, V. (2002). Climate change on the Balkan Peninsula. *Ecology and Future*. Vol. 1(2-4), 26-30.
3. Annicchiarico, P. et al. (2011). Adaptation of land-race and variety germplasm and selection strategies for lucerne in the Mediterranean basin. *Field Crops Research*, 120(2), 283-291.
4. Blum, A. (2005). Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential – are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? *Australian Journal of Agricultural Research*, 56(11), 1159–1168
5. Blum, A. (1988). Plant breeding for stress environments. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. ISBN 9781351075718
6. Bouslama, M., & Schapaugh, W. T. (1984). Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science*, 24(5), 933–937.
7. Boussen, H. et al. (2010). Evaluation of drought tolerance indices in durum wheat recombinant inbred lines. In *Proceeding of Second International Conference on Drought Management* FAO-CIHEAM, Istanbul, Turkey (pp. 4-6).
8. Cattivelli, L. et al. (2008). Drought tolerance improvement in crop plants: an integrated view from breeding to genomics. *Field crops research*, 105(1-2), 1-14.
9. Chakherchaman, S.A., Mostafaei H., Imanparast L., & Eivazian, M.R. (2009). Evaluation of drought tolerance in lentil advanced genotypes in Ardabil region. *Journal of food, agriculture & environment (JFAE)*, 7, 283-288.
10. Choukan, R., Taherkhani, T., Ghanadha, M.R., & Khodarahmi, M. (2006). Evaluation of drought tolerance in grain maize inbred lines using drought tolerance indices. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 8(1), 79-89.
11. Bellague, D., M'Hammedi-Bouzina, M., & Abdelguerfi, A. (2016). Measuring the performance of perennial alfalfa with drought tolerance indices. *Chilean journal of agricultural research*, 76(3), 273-284.
12. Durand, J.L. (2007). Les effets du stress hydrique sur la plante: The effects of water stress on the plant: Physiological aspects. *Fourrages*, 190, 181-195
13. Farshadfar, E., & Sutka, J. (2002). Multivariate analysis of drought tolerance in wheat substitution lines. *Cereal Res Commun.* Vol. 31. P. 33–40. <https://www.jstor.org/stable/23787201>
14. Fernandez, C.J. (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. *Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress*. Aug. 13–16. Shanhua, Taiwan, P. 257–270.
15. Fisher, R.A., & Maurer, R. (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. 1. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*. Vol. 29, № 5. P. 897–912. doi.org/10.1071/AR9780897
16. Gavuzzi, P. et al. (1997). Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. *Canadian Journals of Plant Science*. Vol. 77. № 4. P. 523–531.
17. Harrison, M.T. et al. (2014). Characterizing drought stress and trait influence on maize yield under current and future conditions. *Global change biology*, 20(3), 867-878.
18. Hussain, S.S., Raza, H., Afzal, I., & Kayani, M.A. (2012). Transgenic plants for abiotic stress tolerance: current status. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 58(7), 693-721.
19. Jafari, A., Farzad, P., & Jami Al-Ahmadi, M. (2009). Evaluation of selection indices for drought tolerance of corn (*Zea mays* L.) hybrids. *International Journal of Plant Production*, 3(4), 33–38.
20. Koleva, M., & Dimitrova, V. (2018). Evaluation of drought tolerance in new cotton cultivars using stress tolerance indices. *AGROFOR*, 3(1), 11-17.
21. Kristin, A.S. et al. (1997). Improving common bean performance under drought stress. *CropSci.* 37, P. 43-50
22. Lan, J. (1998). Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*. Vol. 7. P. 85–87
23. Latrach, L., et al. (2014). Growth and nodulation of alfalfa-rhizobia symbiosis under salinity: electrolyte leakage, stomatal conductance, and chlorophyll fluorescence. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38(3), 320-326.
24. Lemaire, G. (2006). La luzerne: Alfalfa. Productivity and quality. In: *Forage Fabaceae diversity and their symbionts: biotechnological, agronomic and environmental*

- applications. International Workshop, Algiers, Algeria, pp. 174-182.
  25. Lin, C.S., & Binns, M.R. (1988). A superiority measure of cultivar performance for cultivar  $\times$  location data. *Can. J. PlantSci.* 68, P. 193–198. <https://doi.org/10.4141/cjps88-018>
  26. Mitra, J. (2001). Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants. *Current Science*, 80, 758-763.
  27. Mollasadeghi, V., Valizadeh, M., Shahryari, R., & Imani, A. A. (2011). Evaluation of end drought tolerance of 12 wheat genotypes by stress indices. *World Applied Sciences Journal*, 13(3), 545-551.
  28. Moosavi, S.S. et al. (2008). Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. *H. Dashti's Lab.*, 12, 165–178.
  29. Bagavathiannan, M.V., & Van Acker, R.C. (2009). The biology and ecology of feral alfalfa (*Medicago sativa* L.) and its implications for novel trait confinement in North America. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 28(1-2), 69-87.
  30. Naeemi, M. et al. (2008). Evaluation of drought tolerance in different canola cultivars based on stress evaluation indices in terminal growth duration. *Electronic Journal of Crop Production*. 1(3):83-98
  31. Rosielle, A.A., & Hamblin, J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science*. Vol. 21, № 6. P. 943–946. doi:10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x
  32. Saba, J., Moghadam, M., Ghasemi, K., & Nishabouri, M. R. (2001). Genetic properties of drought resistance indices. *Journal of Agricultural Science technology*, 3, 43-49.
  33. Li, S., Wan, L., Nie, Z., & Li, X. (2020). Fractal and topological analyses and antioxidant defense systems of alfalfa (*Medicago sativa* L.) root system under drought and rehydration regimes. *Agronomy*, 10(6), 805
  34. Vasconcelos, E.S.D. et al. (2008). Alfalfa genotype selection for adaptability and stability of dry matter production. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 30(3), 339-343
  35. Vozhehova, R. et al. (2021). Evaluation of breeding indices for drought tolerance in alfalfa (*Medicago*) genotypes. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, Vol. LXIV, No. 2, P. 435-444.
  36. Wang, Z., et al. (2015). Transgenic alfalfa plants expressing the sweetpotato Orange gene exhibit enhanced abiotic stress tolerance. *PLoS One*, 10(5), e0126050
  37. Yu, L.X. (2017). Identification of single-nucleotide polymorphic loci associated with biomass yield under water deficit in alfalfa (*Medicago sativa* L.) using genome-wide sequencing and association mapping. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1152
  38. Zou, G.H. et al. (2007). Screening for drought resistance of rice recombinant inbred populations in the field. *Journal of Integrative Plant Biology*, 49(10), 1508-1516 [in English].
  39. Vozhehova, R.A. et al. (2021). Osoblyvosti proiavu adaptivnykh oznak u selektsiinykh populatsii liutserny pry vyroshchuvanni na nasinnia [Features of manifestation of adaptive traits in breeding populations of alfalfa when grown from seed]. *Visnyk SumNAU. Seriya «Ahronomiia i biolohiia» – Bulletin of SumNAU. Agronomy and Biology Series*, 2(44), 3-11. DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2021.2.1> [in Ukrainian].
  40. Tyshchenko, A.V., Tyshchenko, O.D., & Lyuta, Yu.O. (2021). Otsinka henotypiv liutserny za nasinnievoiui produktyvnistiu na posukhostiikist [Evaluation of alfalfa genotypes by seed productivity for drought resistance]. *Tavriyskyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Bulletin*, 120, 155–168. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.120.21>
- Вожегова Р.А., Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Гальченко Н.М. Оцінка посухостійкості популяцій люцерни кормового використання в рік сівби за математичними індексами**
- Мета.** Провести оцінку реакції сортів, популяцій люцерни у різних середовищах та визначити кращі не тільки за посухостійкістю, а й за продуктивністю в умовах стресу з подальшим використанням їх в селекційному процесі. **Методи.** Дослідження проводили в Інституті зрошеного землеробства НААН (Україна, м. Херсон, сел. Наддніпрянське, 46°44'50.1"N 32°42'30.0"E), що розташований на Інгuleцькому зрошеному масиві, протягом 2017–2019 рр. у польових умовах. Об'єктом вивчення були сорти та популяції люцерни. Продуктивність та посухостійкість визначали з використанням індексів: середня урожайність (MP), індекс сприятливості до посухи (SSI), індекс толерантності до посухи (TOL), індекс стабільності урожаю (YSI), індекс урожайності (YI), індекс толерантності до стресу (STI), середня геометрична (пропорційна) урожайність (GMP), індекс відносної стійкості до посухи (RDI), індекс посухостійкості (DI), індекс схильності до стресу (SSPI), модифіковані індекси толерантності до стресу (M<sub>1</sub>STI, M<sub>2</sub>STI, MSTI), індекс абіотичної толерантності (ATI), гармонійна середня продуктивність (HMP) та індекс стійкості до стресу (ISR). **Результати.** Погодні умови за роки проведення досліджень різнилися як за температурним режимом, так і за кількістю та характером опадів, що дало можливість проаналізувати сорти та популяції люцерни за насінневою продуктивністю на стійкість до стресових (посушливих) умов вирощування. Індекс чутливості до посухи (SSI) характеризує чутливість генотипу до посухи, а саме: чим менший показник, тим більша посухостійкість генотипу. Найнижчі показники були у популяції: А.г. d. – 0,83, ФХНВ<sup>2</sup> – 0,87 та Ж. / ЦП-11 – 0,89. Найвищий рівень індексу стабільності урожайності (YSI) продемонстрували три популяції: А.г. d. (0,30), ФХНВ<sup>2</sup> (0,26) та Ж. / ЦП-11 (0,24), які показали і високий індекс урожайності (YI) з показниками 196,8; 187,37 та 166,65, відповідно. Дві перші з них були кращими за індексами середньої геометричної урожайності (GMP = 3,84 і 3,92). Популяції А.г. d., ФХНВ<sup>2</sup> та Ж. / ЦП-11 виділилися за індексами відносної посухостійкості (RDI), посухостійкості (DI) і гармонійної продуктивності (HMP) з показниками: 1,99 і 1,73, 0,5842 і 0,4836 та 3,22 і 3,16, відповідно. Високими показниками індексу стійкості до стресу (ISR = 4,23) характеризувалася популяція А.г. d., що мала найбільшу урожайність (2,09 кг/м<sup>2</sup>) при стресі і середню (7,04 кг/м<sup>2</sup>) при зрошенні. **Висновки.** Аналізуючи отримані дані за індексами посухостійкості та біплот-аналізом у популяції люцерни першого року життя за кормовою продуктивністю, виділено популяцію А.г. d., що найслабше реагує на погіршення умов зволоження, та популяцію В.11 / П. d. – вибаглива до умов зволоження.
- Ключові слова:** люцерна, кормова продуктивність, посухостійкість, математичні індекси, біплот-аналіз.

**Vozhehova R.A., Tyshchenko A.V., Tyshchenko O.D., Piliarska O.O., Halchenko N.M. Estimation of drought resistance of alfalfa populations for fodder use in the year of sowing by mathematical indices**

**Purpose.** To evaluate the reaction of varieties, populations of alfalfa in different environments and determine the best not only for drought resistance but also for productivity under stress with their subsequent use in the breeding process. **Methods.** The research was conducted at the Institute of Irrigated Agriculture of NAAS (Ukraine, Kherson, Naddnipyrianske village, 46 ° 44'50.1 "N 32 ° 42'30.0" E), located on the Ingulets irrigated massif, during 2017–2019 in the field. Lucerne varieties and populations were studied. Productivity and drought resistance were determined using the following indices: average yield (MP), drought tolerance index (SSI), drought tolerance index (TOL), yield stability index (YSI), yield index (YI), stress tolerance index (STI), geometric mean (proportional) yield (GMP), relative drought resistance index (RDI), drought resistance index (DI), stress tolerance index (SSPI), modified stress tolerance indices (M1STI, M2STI, MSTI), abiotic tolerance index (ATI), Harmonic Average Performance (HMP) and Stress Resilience Index (ISR). **Results.** Weather conditions over the years of research differed both in temperature and in the amount and nature of precipitation, which made it possible to analyze alfalfa varieties and populations for seed productivity

for resistance to stressful (arid) growing conditions. The Drought Sensitivity Index (SSI) characterizes the sensitivity of a genotype to drought, namely: the lower the index, the greater the drought resistance of the genotype. The lowest rates were in populations: A.r. d. – 0.83, FHNV<sup>2</sup> – 0.87 and J. / CP-11 – 0.89. The highest level of yield stability index (YSI) was demonstrated by three populations: A.r. d. (0.30), FHNV<sup>2</sup> (0.26) and J. / CP-11 (0.24), which showed a high yield index (YI) with indicators of 196.8; 187.37 and 166.65, respectively. The first two of them were the best in terms of geometric average yields (GMP = 3.84 and 3.92.). Populations of A.r. d., FHNV<sup>2</sup> and J. / CP-11 were distinguished by the indices of relative drought resistance (RDI), drought resistance (DI) and harmonic productivity (HMP) with indicators: 1.99 and 1.73, 1.73, 0.5842 and 0.4836 and 3.22 and 3.16, respectively. High indicators of the stress resistance index (ISR = 4.23) characterized the population of A.r. d., which had the highest yield (2.09 kg/m<sup>2</sup>) under stress and average (7.04 kg/m<sup>2</sup>) under irrigation. **Conclusions.** Analyzing the obtained data on drought resistance indices and biplot analysis in alfalfa populations of the first year of life on forage productivity, the population of A.r. d., which responds least to deteriorating humidification conditions and population B.11 / P. d. – demanding to humidification conditions.

**Key words:** alfalfa, fodder productivity, drought resistance, mathematical indices, biplot analysis.

## УСПАДКУВАННЯ СТІЙКОСТІ ДО БОРОШНИСТОЇ РОСИ (*BLUMERIA GRAMINIS* F. SP. TRITICI BGT.) ГІБРИДАМИ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ РІЗНОГО ЕКОЛОГО-ГЕНЕТИЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ

**ЖУПИНА А.Ю.** – здобувач ступеня доктора філософії

[orcid.org/0000-0002-3630-7579](https://orcid.org/0000-0002-3630-7579)

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

**БАЗАЛІЙ Г.Г.** – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

[orcid.org/0000-0003-2842-0835](https://orcid.org/0000-0003-2842-0835)

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

**УСИК Л.О.** – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

[orcid.org/0000-0002-9710-0758](https://orcid.org/0000-0002-9710-0758)

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

**МАРЧЕНКО Т.Ю.** – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

[orcid.org/0000-0001-6994-3443](https://orcid.org/0000-0001-6994-3443)

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

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

[orcid.org/0000-0001-9442-8793](https://orcid.org/0000-0001-9442-8793)

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

**Постановка проблеми.** Однією з вимог, що традиційно постає перед селекціонером, є створення високопродуктивних сортів пшениці м'якої озимої *Triticum aestivum* L. з високою потенційною врожайністю зерна, що здатні реалізовувати генетичний потенціал продуктивності в різних агроекологічних умовах та давати сталі врожаї. Наразі набуває актуальності створення сортів інтенсивного типу з урожайністю зерна понад 10 т/га. Таку врожайність може бути реалізовано в умовах Півдня України, який характеризується забезпеченням тепловими та світловими ресурсами, за наявності науково обґрунтованих інтенсивних технологій вирощування і зрошення. Однак постає завдання із запобігання різниці між біологічною (потенційною) та господарською (реальною) продуктивністю через деструктивні біотичні фактори середовища. Одним із важливих чинників втрати врожаю (від 15 до 50% залежно від вірулентності патогену та умов року) є ураження грибами хворобами, які можуть бути особливо шкодочинними на інтенсивних сортах. Серед заходів інтегрованого захисту пшениці від ураження хворобами найбільш дієвим і водночас екологічним вважається створення резистентних сортів шляхом селекції в конкретних агрокліматичних зонах [1–3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Однією з найбільш поширених і шкодочинних хвороб пшениці м'якої (*Triticum aestivum* L.) у світовому масштабі є борошниста роса (*Blumeria graminis* F. sp. tritici (Bgt); syn. *Erysiphe graminis* DC.), яка має високі темпи інвазії та наносить агровиробництву втрати урожаю зерна в межах 15...50% [4; 5].

Важливим напрямом досліджень є виявлення та використання проти борошнистої роси генів резистентності широкого спектру дії, а також вивчення механізмів стійкості на молекулярному рівні для ефективної селекційної протидії шкідливості *Blumeria graminis* F. [6].

Селекція на стійкість до борошнистої роси базується на використанні генів стійкості *Pm*, яких на цей

час відомо близько 60: *Pm*<sup>1</sup> – *Pm*43 з постійними символами (щодо деяких із них відомі різні алельні варіанти) та 20 із тимчасовими символами; усі вони розрізняються за своєю ефективністю проти різних рас збудника. Ефективність більшості з них для України ще не вивчена. Крім расоспецифічної, для пшениці встановлена також неспецифічна стійкість до збудника борошнистої роси. На сортах із нерасоспецифічною стійкістю до борошнистої роси латентний період патогена подовжений, менше формується пустул і спор, через що сповільнюється формування колонії гриба. Така стійкість забезпечується стабілізацією расового складу популяції патогена та зумовлює тривалу стійкість сортів. Тому для успішного контролю збудника борошнистої роси пшениці пропонується поєднувати в сорті декілька головних генів із полігенною стійкістю [7].

Встановлено, що оптимальна температура для поширення борошнистої роси припадає на фази кушіння й виходу у трубку на пшениці ярій та колосіння і цвітіння – на озимій. Тому на ярій пшениці хвороба виявляється більш шкідливою, ніж на озимій. За оптимальної температури (15–20°C) та високої вологості життєвий цикл може завершитися протягом 10 діб, проте за температури понад 25°C розвиток гриба сповільнюється, через що в жарке літо хвороба менш шкідлива. Аерогенний спосіб перенесення інфекції сприяє швидкому поширенню хвороби на великих площах [8].

Скринінг на «стійкість/толерантність» селекційних зразків до ушкоджень листовими хворобами (зокрема, борошною росою) в умовах Румунії показав, що деструктивні кліматичні фактори та показники захворюваності корелюють зі зниженням урожайності, що необхідно аналізувати як частину комплексної екологічної системи. Найбільша шкодочинність зафіксована в разі ураження у фазу цвітіння та викидання прапоркового листка, що зменшує урожайність до 40% [9].

На території України в агроценозах пшениці озимої формується широкий фітопатогенний комплекс, у якому

серед доміантних грибних хвороб превалює борошниста роса та септоріоз. Запропоновано використовувати в селекції пшениці озимої джерела стійкості до фітопатогенів різного еколого-географічного походження, що пройшли випробування та рекомендовані селекціонерами для подальшої селекційної роботи [10].

У дослідженнях доведено, що формування фітопатогенного комплексу зумовлене метеорологічними умовами вегетаційного періоду. Сприятливішими умовами для патогенів характеризувалися умови з підвищеним гідротермічним коефіцієнтом та за підвищеної температури, високої вологості повітря. Ураженість збудниками листових хвороб поступово зростає в регіонах України, чому сприяє підвищення температурного режиму у зв'язку зі змінами клімату [11; 12].

Умови зрошення в Південному Степу є сприятливими для розвитку грибних хвороб, що вимагає ретельного добору вихідного матеріалу в селекції пшениці на резистентність і продуктивність для зрошуваного землеробства. Штучне зрошення, особливо дощуванням, значно підвищує ураженість рослин пшениці грибними захворюваннями, що зобов'язує селекціонерів проводити паралельні добори на підвищення потенціалу урожайності та стійкості до хвороб [13].

Ефективним прийомом створення нового вихідного матеріалу є залучення віддаленого європейського матеріалу для гібридизації та подальшого кумулятивного добору. Позитивні результати отримані за умови залучення болгарських сортотразків у селекції на стійкість до хвороб та продуктивність у Лісостеповій зоні України. При цьому формування стійкості проти збудників хвороб необхідно проводити в ранніх поколіннях гібридів пшениці (з  $F_1$ – $F_2$ ), оскільки це дає змогу спрогнозувати селекційну цінність гібридних потомств та встановити трансгресивні форми [11; 14, с. 173].

Тривалість періоду вегетації пшениці озимої та окремих міжфазних періодів може чинити вагомий вплив на ураженість хворобами, оскільки інфекційне навантаження значно зростає з подовженням вегетації. Тому залучення до гібридизації з місцевими сортами більш пізньостиглих короткостеблових генотипів західноєвропейського еко типу з подовженим періодом вегетації та окремих міжфазних періодів разом із підвищеним потенціалом урожайності з наступними індивідуальними доборами в гібридних популяціях може надати перспективу отримання цінних резистентних сегрегатів. У попередній нашій публікації було висвітлено особливості успадкування висоти рослин батьківських форм, гібридів та особливості кореляцій висоти рослин, тривалості міжфазного періоду «цвітіння – стиглість зерна» з урожайністю зерна елітних селекційних ліній за використання такого типу схрещувань [15].

**Мета статті** – визначити характер успадкування ознаки «стійкість (ураженість) до борошнистої роси» в гібридів пшениці м'якої озимої, що створені із залученням пізньостиглих зразків західноєвропейського еко типу, а також встановити кореляції стійкості до борошнистої роси з тривалістю міжфазного періоду «цвітіння – стиглість зерна» та урожайністю зерна елітних селекційних сімей.

**Матеріали та методи досліджень.** Польові дослідження проведені в Інституті зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України у 2016–2021 рр. Об'єктом досліджень були сучасні сорти пшениці озимої селекції Інституту зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України, колекційні зразки західноєвропейського еко типу, що були інтродуковані з Франції (номера реєстрації Кф №...-16), та гібриди, створені за їх участю. Сорти та гібриди висівалися під час зрошення за схемою «материнська форма, батьківська, гібрид». Міжфазні періоди, обліки урожайності, характеристику успадковуваності ознак гібридами проводили за загально-визнаними методиками. Стійкість рослин до борошнистої роси оцінювали у природних умовах у період максимального їх розвитку – у фазу колосіння/формування зернівки. Індивідуальні добори елітних рослин із популяцій  $F_2$  висівали в селекційних розсадниках за облікової площі 0,3 м<sup>2</sup>. Площа облікової ділянки в контрольному розсаднику – 4 м<sup>2</sup>, повторення дворазове. Методи – польові, лабораторні, селекційно-генетичні, статистичні. Стійкість (ураженість) борошнистою росою (*Blumeria graminis* F. sp. tritici (Bgt); syn. *Erysiphe graminis* DC.) визначали в польових умовах за загально-визнаними методиками з використанням інтегрованої шкали стійкості (ураженості) зернових культур [16–19].

**Результати досліджень.** У схему схрещувань були залучені місцеві сорти селекції Інституту зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України та західноєвропейського еко типу (шифр колекції Кф...-16), що різнилися за тривалістю вегетації і стійкістю до борошнистої роси. Усі залучені західноєвропейські сорти були з подовженим терміном виколоскування та дозрівання. Стійкість до борошнистої роси батьківських компонентів інтродукованих зразків коливалася в межах 65,7...90,3% (див. табл. 1).

Найвищу стійкість показав зразок Кф15-16 (90,3%), проте не перевищив показник стійкості місцевого сорту Леда (91,2%). Більшість інтродукованих сортотразків поступалися вітчизняним за стійкістю, що може бути пов'язано з більшою тривалістю періоду вегетації та подовженням термінів інфекційного навантаження в цей період. Найбільша стійкість до борошнистої роси західноєвропейських сортів спостерігалася в Кф5-16, Кф2-16, що відповідало рівню стійкості вітчизняних сортів Овідій, Леда.

Серед вітчизняних сортів найбільшою стійкістю характеризувалися сорти Овідій, Леда (91,2...91,3%). Згідно зі шкалою для оцінки стійкості до хвороб [15, с. 14] такі сортотразки характеризуються як «стійкі» (75...90%) і займають середнє положення між «високою стійкістю» (90...100%) та «слабкою сприйнятливістю» (60...75%).

Найменша стійкість за роки досліджень була в батьківської форми Кф7-16 (64,4...65,7%), що за шкалою характеризується як сприйнятлива до ураження *Blumeria graminis* F. Менша стійкість до борошнистої роси в західноєвропейських зразків пов'язана, можливо, з більшою тривалістю періоду вегетації та подовженням інфекційним навантаженням. Проте такі зразки,



Таблиця 1

Успадкування ознаки «стійкість до борошнистої роси» гібридами F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> пшениці озимої (2016–2018 рр.)

| Сорт, гібрид   | F <sub>1</sub>                   |                                                |                                            | F <sub>2</sub>                   |                                                |                                            |
|----------------|----------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|
|                | Стійкість до борошнистої роси, % | Гетерозис гіпотетичний, % (Г <sub>гип.</sub> ) | Гетерозис істинний, % (Г <sub>ист.</sub> ) | Стійкість до борошнистої роси, % | Гетерозис гіпотетичний, % (Г <sub>гип.</sub> ) | Гетерозис істинний, % (Г <sub>ист.</sub> ) |
| ♀ Кф2-16       | 88,2                             |                                                |                                            | 89,5                             |                                                |                                            |
| ♂ Овідій       | 91,3                             |                                                |                                            | 91,7                             |                                                |                                            |
| Кф2-16/Овідій  | 90,8                             | 101,2                                          | 99,4                                       | 88,5                             | 97,6                                           | 96,5                                       |
| ♀ Кф4-16       | 67,4                             |                                                |                                            | 66,4                             |                                                |                                            |
| ♂ Овідій       | 90,8                             |                                                |                                            | 91,0                             |                                                |                                            |
| Кф4-16/Овідій  | 89,4                             | 113,0                                          | 98,5                                       | 86,2                             | 109,5                                          | 94,7                                       |
| ♀ Кф6-16       | 87,9                             |                                                |                                            | 88,3                             |                                                |                                            |
| ♂ Овідій       | 90,5                             |                                                |                                            | 92,1                             |                                                |                                            |
| Кф6-16/Овідій  | 92,3                             | 103,5                                          | 102,0                                      | 90,4                             | 100,2                                          | 98,2                                       |
| ♀ Кф7-16       | 65,7                             |                                                |                                            | 64,3                             |                                                |                                            |
| ♂ Овідій       | 90,4                             |                                                |                                            | 91,1                             |                                                |                                            |
| Кф7-16/Овідій  | 88,5                             | 112,7                                          | 97,9                                       | 84,2                             | 108,4                                          | 92,4                                       |
| ♀ Кф8-16       | 77,0                             |                                                |                                            | 74,3                             |                                                |                                            |
| ♂ Овідій       | 90,6                             |                                                |                                            | 91,5                             |                                                |                                            |
| Кф8-16/Овідій  | 87,8                             | 104,8                                          | 97,1                                       | 83,0                             | 100,1                                          | 90,7                                       |
| ♀ Кф9-16       | 73,2                             |                                                |                                            | 75,3                             |                                                |                                            |
| ♂ Овідій       | 89,7                             |                                                |                                            | 90,4                             |                                                |                                            |
| Кф9-16/Овідій  | 87,5                             | 107,4                                          | 97,5                                       | 81,3                             | 98,1                                           | 89,9                                       |
| ♀ Кф10-16      | 88,9                             |                                                |                                            | 89,0                             |                                                |                                            |
| ♂ Овідій       | 90,3                             |                                                |                                            | 91,4                             |                                                |                                            |
| Кф10-16/Овідій | 89,5                             | 99,9                                           | 99,1                                       | 88,6                             | 98,2                                           | 96,9                                       |
| ♀ Кф2-16       | 88,7                             |                                                |                                            | 89,2                             |                                                |                                            |
| ♂ Х6/о         | 67,9                             |                                                |                                            | 68,4                             |                                                |                                            |
| Кф2-16/Х6/о    | 89,0                             | 113,7                                          | 100,3                                      | 88,3                             | 112,1                                          | 99,0                                       |
| ♀ Х6/о         | 68,2                             |                                                |                                            | 69,4                             |                                                |                                            |
| ♂ Кф2-16       | 88,0                             |                                                |                                            | 89,1                             |                                                |                                            |
| Х6/о/Кф2-16    | 87,4                             | 111,9                                          | 99,3                                       | 85,3                             | 107,6                                          | 95,7                                       |
| ♀ Кошова       | 79,8                             |                                                |                                            | 80,4                             |                                                |                                            |
| ♂ Кф2-16       | 88,4                             |                                                |                                            | 89,0                             |                                                |                                            |
| Кошова/Кф2-16  | 86,3                             | 102,6                                          | 97,6                                       | 85,2                             | 100,6                                          | 95,7                                       |
| ♀ Кф5-16       | 90,3                             |                                                |                                            | 89,4                             |                                                |                                            |
| ♂ Леда         | 91,2                             |                                                |                                            | 90,5                             |                                                |                                            |
| Кф5-16/Леда    | 90,0                             | 99,1                                           | 98,7                                       | 90,4                             | 100,5                                          | 99,9                                       |

як Кф5-16, Кф2-16, характеризувалися досить високим рівнем стійкості (88,2...90,3%), незважаючи на подовжену тривалість вегетації.

Гібриди першого покоління (F<sub>1</sub>) успадковували цю ознаку переважно за проміжним типом та домінуванням стійкості. Розрахунки гіпотетичного та істинного гетерозису були проведені відносно 100% до середнього арифметичного батьківських форм та кращої батьківської форми. Гіпотетичний гетерозис проявили майже всі комбінації в межах 101,2...113,0%, а комбінації Кф10-16/Овідій та Кф5-16/Леда проявили слабке домінування сприйнятливості (99,9% та 99,1% відповідно). Істинний гетерозис проявили 2 комбінації з 12, при цьому ступінь гетерозису був дуже низьким (100,3...102,0%), що вказує на полігенний тип успадкованості та відсутність ефекту кумулятивної дії алелів стійкості й гетеро-

зисного ефекту. Найвищий рівень істинного гетерозису проявила комбінація Кф6-16/Овідій (102,0%) з рівнем стійкості 92,3%, що було найвищим показником серед гібридів першого і другого покоління та батьківських компонентів.

У другому поколінні (F<sub>2</sub>) успадкування відбувалося переважно за проміжним типом та домінуванням стійкості до борошнистої роси. Ступінь істинного гетерозису не був зафіксований у жодній комбінації. Жоден із гібридів не перевищив кращу батьківську форму (Овідій) за стійкістю зі ступенем стійкості 91,7%. Ступінь гетерозису гіпотетичного був на низькому рівні (100,1...112,1%), а три комбінації показали домінування ураженості.

Таким чином, перспективи використання ефекту гетерозису в гібридів пшениці м'якої із залученням контрастних за морфо-біологічними показниками, генетич-

ним, еколого-географічним походженням батьківських компонентів не передбачають позитивні результати в напрямі підвищення стійкості до борошнистої роси.

На основі проведених індивідуальних доборів за господарсько важливими ознаками в популяціях другого покоління була проведена оцінка ефективності доборів за ознакою «стійкість до борошнистої роси» та встановлено її зв'язок із тривалістю міжфазних періодів та урожайністю зерна в гібридних популяціях різного генетичного походження.

Розрахунки залежності ураженості борошнистою росою від тривалості міжфазного періоду «цвітіння – стиглість» у ліній пшениці селекційного розсадника гібридного походження Кф9-16/Овідій (уразлива форма / на стійку) показали позитивну залежність між ними (див. рис. 1).

Така залежність була констатована попередніми дослідженнями [2; 3; 8], з позиції органогенезу та фізіології вона досить передбачувана.

Подовження вегетації та поливи створюють сприятливі умови для поширення листових грибних хвороб (у цьому випадку – борошнистої роси). Коефіцієнт кореляції між тривалістю періоду «цвітіння – стиглість» та відсотком ураженості борошнистою росою становив 0,157, що вказує на сполучену мінливість цих показників. Селекція на стійкість до борошнистої роси ускладнюється в разі доборів генотипів із тривалим періодом формування й наливу зерна. Така залежність була виявлена в більшості гібридних популяцій різного походження, причому вона була незначної сили. У деяких популяцій (Кф2-16/Овідій) кореляція між цими ознаками була практично відсутня ( $r = -0,046$ ), що вказує на можливість одночасного добору на подовження тривалості вегетації та стійкості до *Blumeria graminis* F. (див. рис. 2).

Слабка кореляція між ураженістю до *Blumeria graminis* F. та тривалістю вегетації виявлена в усіх

гібридних популяцій, проте на силу та напрям кореляції впливає педігрі гібридів. Так, зміна батьківського компонента Кф9-16 із низькою стійкістю (73,2–75,3%) на зразок Кф2-16 із високою стійкістю (88,2–89,5%) (див. табл. 1) дала можливість змінити напрям залежності ураженості та тривалості вегетації з додатного на від'ємний. Характерною особливістю є те, що частина сімей (ліній) мала показники «стійкість» і «висока стійкість» (до 15% ураженості за шкалою оцінки [14; 15]) за тривалості періоду «цвітіння – стиглість» понад 50 діб. Це вказує на те, що добори на подовжену тривалість наливу зерна в гібридних популяціях пшениці озимої в разі зрошення необхідно корегувати залежно від походження гібридних популяцій та визначати попередньо такі, що мають мінімальну залежність ураженості *Blumeria graminis* F., з тривалістю вегетації. Такий тип залежності дає змогу більш впевнено й ефективно добирати одночасно за стійкістю до борошнистої роси та подовженою тривалістю формування й наливу зернівки, що сприяє підвищенню потенціалу врожайності.

Розрахунки кореляцій між ураженістю *Blumeria graminis* F. та урожайністю зерна селекційних розсадників показали досить високу від'ємну залежність між цими показниками. Так, у селекційних ліній, отриманих із гібридної популяції, створеної з використанням уразливого зразка (Кф9-16) та стійкого сорту (Овідій), коефіцієнт кореляції становив -0,571 (див. рис. 3).

Використання для схрещувань двох стійких до борошнистої роси зразків (Кф2-16 та Овідій) не змінило напрям і силу кореляції (див. рис. 4).

Ця залежність вказує на високу шкодочинність такої листової грибної хвороби, як *Blumeria graminis* F. Досягти високої урожайності зерна (понад 10 т/га) у селекційних номерів можна тільки за ураженості борошнистою росою до 15%, що підтверджується рисунками 3 та 4. Причому така залежність спо-

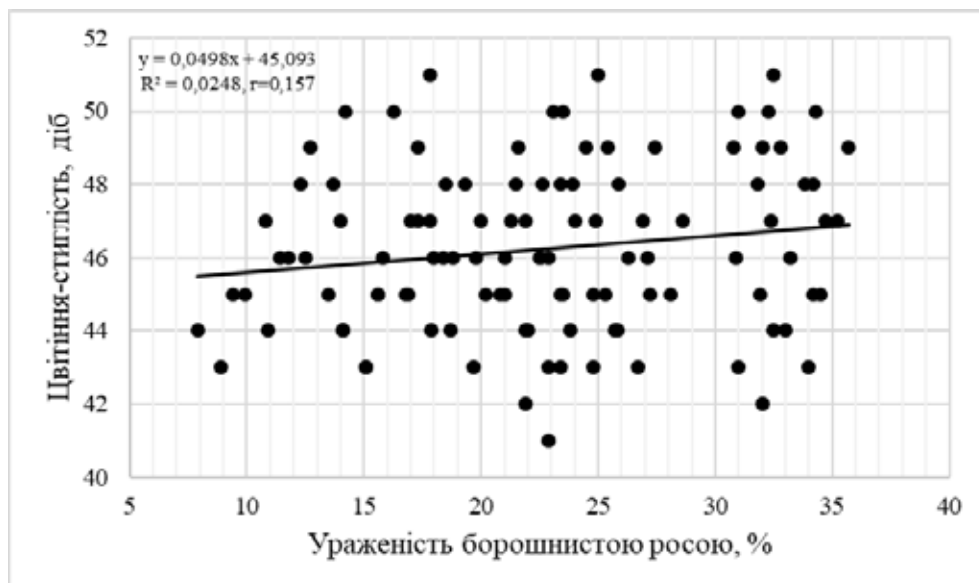


Рис. 1. Кореляційно-регресійна модель залежності міжфазного періоду «цвітіння – стиглість» та ураженості борошнистою росою в селекційних ліній із гібридної популяції Кф9-16/Овідій (середнє за 2018–2020 рр.)

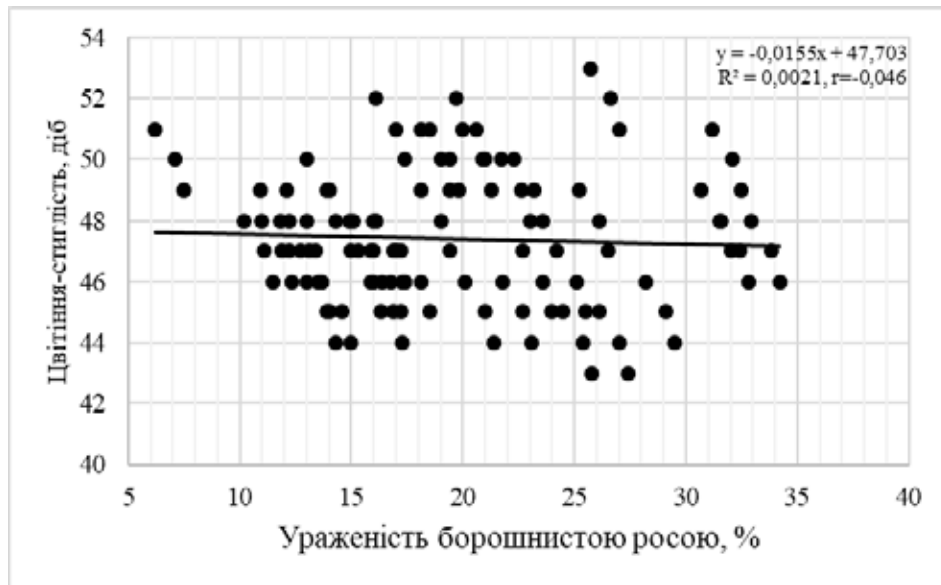


Рис. 2. Кореляційно-регресійна модель залежності міжфазного періоду «цвітіння – стиглість» та ураженості борошнистою росою в селекційних ліній із гібридної популяції Кф 2-16/Овідій (середнє за 2018–2020 рр.)

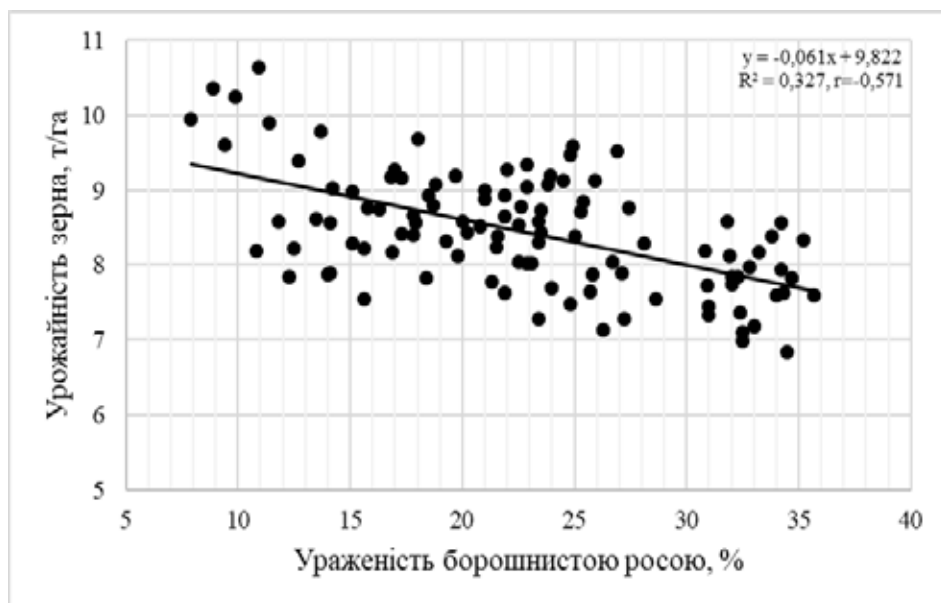


Рис. 3. Кореляційно-регресійна модель залежності урожайності зерна та ураженості борошнистою росою в селекційних ліній із гібридної популяції Кф9-16/Овідій (середнє за 2018–2020 рр.)

стерігалася в селекційних зразках з усіх гібридних популяцій.

Визначений тип кореляцій між ураженістю *Blumeria graminis* F., урожайністю та тривалістю вегетації селекційних ліній пшениці озимої вказує на необхідність корегування напрямів та інтенсивності доборів у селекції на певний агроекологічний генотип. Так, у разі селекції на посухостійкість можна проводити одночасний добір на скоростиглість, посухостійкість, урожайність і стійкість до *Blumeria graminis* F. Усі ці показники перебувають

в одному векторі добору та мають позитивні кореляції, мало відмінні від педігрі популяцій.

У разі доборів високоврожайних генотипів для умов зрошення (достатнього вологозабезпечення та теплового режиму), що мають тривалий період вегетації, вектори добору не співпадають, оскільки подовжене функціонування листового апарату призводить до більш тривалого терміну інвазії спорами *Blumeria graminis* F., підвищення ураженості та різкого падання врожайності зерна.

Проведення доборів на продуктивність і стійкість вимагає роздільних оцінок, оскільки висока стійкість до *Blumeria graminis* F. не гарантує синхронне підвищення врожайності. Більшість стійких до хвороби генотипів (до 25% ураженості) мали недостатній рівень урожайності зерна для умов зрошення в межах 7,0...8,5 т/га.

З огляду на викладене у проведенні візуальних індивідуальних доборів за ураженістю *Blumeria graminis* F., як ознакою з найбільш простим ранжуванням гібридної популяції без додаткового обладнання, необхідно враховувати можливі кореляції між урожайністю зерна та тривалістю міжфазного періоду «цвітіння – стиглість». Для умов зрошення можна використовувати гібридні популяції, у яких зафіксована невисока кореляція між ураженістю *Blumeria graminis* F. (як візуальною ознакою на підвищення урожайності) та тривалістю репродуктивного міжфазного періоду «цвітіння – стиглість» (Кф2-16/Овідій).

Для посушливих умов, а також для агроєкологічних умов з обмеженою тривалістю вегетації рослин пшениці озимої (північні регіони України) можна використовувати одночасні добори за стійкістю до *Erysiphe graminis* DC., скоростиглістю, урожайністю зерна.

Під час проведення доборів на продуктивність у гібридних популяціях необхідно враховувати походження кросів, особливості батьківських компонентів та їх стійкість до *Blumeria graminis* F.

Аналіз мінливості, варіабельності та успадковуваності ознаки «ураженість *Blumeria graminis* F.» показав її високу варіабельність у гібридних популяціях, достатню генотипову детермінацію для проведення цілеспрямованих доборів на стійкість. Ураженість борошнистою росою в гібридних сім'ях селекційного розсадника коливалася від 3,2 до 39,8% (див. табл. 2). Коефіцієнт варіації фенотиповий був на високому рівні (28,3...35,8%), що вказує на значну різноманітність генотипів за стій-



Рис. 4. Кореляційно-регресійна модель залежності урожайності зерна та ураженості борошнистою росою в селекційних ліній із гібридної популяції Кф2-16/Овідій (середнє за 2018–2020 рр.)

Таблиця 2

Параметри мінливості та успадковуваності ураженості *Blumeria graminis* F. елітних сімей та кореляція її з урожайністю і тривалістю репродукційної фази в гібридних популяціях пшениці озимої

| Підігрі гібриду     | Параметри                                   |                                       |                                     |                                                                     |                                       |
|---------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
|                     | Ураженість борошнистою росою, min... max, % | Коефіцієнт варіації ураженості, % (V) | Коефіцієнт успадковуваності, % (H²) | Кореляція ураженості з тривалістю періоду «цвітіння – стиглість», r | Кореляція ураженості з урожайністю, r |
| Кошова/Кф 2-16      | 6,3...38,2                                  | 34,2                                  | 77,3                                | 0,193                                                               | -0,443                                |
| Кф5-16/Леда         | 7,2...39,8                                  | 31,2                                  | 82,4                                | 0,126                                                               | -0,531                                |
| Кф2-16/Овідій       | 3,2...37,8                                  | 28,3                                  | 68,3                                | -0,046                                                              | -0,592                                |
| Кф2-16/Херсон. б.о. | 8,1...36,3                                  | 32,7                                  | 76,8                                | 0,195                                                               | -0,454                                |
| Кф4-16/Овідій       | 7,5...30,7                                  | 34,1                                  | 67,4                                | 0,231                                                               | -0,541                                |
| Кф9-16/Овідій       | 5,7...39,5                                  | 35,8                                  | 67,7                                | 0,157                                                               | -0,571                                |

кістю (ураженістю) та можливість ефективних доборів. Можливість проведення ефективних доборів на стійкість до *Blumeria graminis* F. в гібридних популяціях, що створені за участю батьківських форм західноєвропейського екотипу, підтверджують досить високі коефіцієнти успадкованості в широкому розумінні ( $H^2$ ) – 67,4...82,4%. У всіх гібридних популяціях встановлена позитивна кореляція низького рівня значущості ураженості *Blumeria graminis* F. та тривалості періоду «цвітіння – стиглість» ( $r = -0,046...0,231$ ). Такий рівень кореляції не є серйозною перешкодою для доборів пізньостиглих форм, стійких до борошнистої роси.

Більш значущою для теорії селекції була від'ємна кореляція між ураженістю *Blumeria graminis* F. та урожайністю зерна селекційних номерів ( $r = -0,443...-0,592$ ), тому під час доборів на високу урожайність зерна необхідно враховувати насамперед стійкість елітних рослин до борошнистої роси. Добори на урожайність і стійкість необхідно проводити з урахуванням кореляцій із тривалістю репродукційної фази розвитку та педігрі гібридних популяцій.

**Висновки.** Проведення оцінок відібраних сімей за ураженістю (стійкістю) борошнистою россою (*Blumeria graminis* F. sp. tritici Bgt.) у гібридних популяціях пшениці м'якої озимої, термінами проходження фаз розвитку та урожайністю зерна в селекційних розсадниках дало змогу з'ясувати рівень зв'язків окремих ознак та визначити найбільш вагомі маркерні для проведення доборів і корегування моделі сорту.

У всіх гібридних популяціях встановлена кореляція низького рівня значущості ураженості *Blumeria graminis* F. та тривалості періоду «цвітіння – стиглість» ( $r = -0,046...0,231$ ). Такий рівень кореляції не є серйозною перешкодою для доборів пізньостиглих форм, стійких до борошнистої роси.

Добори з гібридних популяцій за стійкістю до *Blumeria graminis* F. можуть приводити як до підвищення урожайності, так і до її зменшення. Встановлена від'ємна кореляція між ураженістю *Blumeria graminis* F. та урожайністю зерна селекційних номерів ( $r = -0,443...-0,571$ ), тому під час доборів на високу урожайність зерна необхідно враховувати насамперед стійкість елітних рослин до борошнистої роси. Добори на урожайність та стійкість необхідно проводити з урахуванням кореляцій із тривалістю репродукційної фази розвитку.

Ураженість *Blumeria graminis* F. в гібридних сім'ях селекційного розсадника коливалася від 3,2 до 39,8%. Коефіцієнт варіації фенотиповий був на високому рівні (28,3...35,8%), що вказує на значну різноманітність генотипів за стійкістю (ураженістю) та можливість ефективних доборів. Можливість проведення ефективних доборів на стійкість до *Blumeria graminis* F. в гібридних популяціях, що створені за участю батьківських форм західноєвропейського екотипу, підтверджують досить високі коефіцієнти успадкованості в широкому розумінні ( $H^2$ ) – 67,4...77,3%.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Лифенко С.П., Єриняк М.І., Наконечний М.Ю. Методи та результати селекції високоінтенсивних сортів пше-

ниці м'якої озимої в умовах Півдня України. *Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортотипування*. 2016. Вип. 27(67). С. 23–35.

2. Литвиненко М.А. Створення сортів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.), адаптованих до змін клімату на Півдні України. *Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортотипування*. 2016. Вип. 27(67). С. 36–53.
3. Новый исходный материал для селекции пшеницы (*Triticum aestivum* L.) на групповую устойчивость к фитопатогенам / О.В. Бабаянц, Н.И. Сауляк, Л.Т. Бабаянц, К.П. Терновой, А.В. Галаев. *Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортотипування*. 2016. Вип. 28(68). С. 68–75.
4. Multienvironmental evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) germplasm identifies donors with multiple fungal disease resistance / S. Kumar, G. Singroha, S.C. Bhardwaj et al. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2019. Vol. 66. № 4. P. 797–808. DOI: 10.1007/s10722-019-00751-3.
5. The powdery mildew resistance gene Pm8 derived from rye is suppressed by its wheat ortholog Pm3 / S. Hurni, S. Brunner, D. Stirnweis, G. Herren, D. Peditto, R.A. McIntosh, B. Keller. *The Plant Journal*. 2014. Vol. 79. № 6. P. 904–913. DOI: 10.1111/tpj.12593.
6. Tao Y., Vlasenko V., Wu L. Cloning and bioinformatics analysis of wheat powdery mildew resistance related gene TAGDSL. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2021. № 2(44). С. 66–72. URL: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2021.2.9>.
7. Catalogue of Gene Symbols for Wheat: 2009 Supplement / R.A. McIntosh, J. Dubcovsky, W.J. Rogers et al. *Annual Wheat Newsletter*. 2009. Vol. 55. P. 256–278.
8. Леонов О.Ю. Закономірності прояву ознаки стійкості до борошнистої роси серед зразків генофонду пшениці м'якої. *Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортотипування*. 2010. Вип. 16(56). С. 208–220.
9. The relationship between yield and pathogens attack on the advanced breeding winter wheat lines assessed for adult plant resistance / G. Păunescu, M. Paraschivu, R.A. Păunescu, C.A. Roşculete. *Scientific Papers Series "Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development"*. 2022. Vol. 22. Iss. 1. P. 493–501.
10. Моргун В.В., Топчий Т.В. Пошук нових джерел стійкості пшениці озимої до основних збудників грибних хвороб. *Фізіологія рослин і генетика*. 2016. Т. 48. № 5. С. 393–400. URL: <https://doi.org/10.15407/frg2016.05.393>.
11. Вихідний матеріал для селекції пшениці м'якої озимої на високу стійкість до хвороб в умовах Лісостепу України / О.А. Демидов, Г.Б. Вологдіна, С.І. Волощук, О.В. Гуменюк, В.В. Кириленко, С.О. Хоменко. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2019. Т. 24. С. 63–69.
12. Хоменко Л.О., Сандецька Н.В. Джерела комплексної стійкості пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) у селекції на адаптивність. *Plant Varieties Studying*

- and Protection. 2018. Vol. 14. № 3. P. 270–275. URL: <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.3.2018.145289>.
13. Орлюк А.П., Базалій Г.Г., Біляєва І.М. Особливості успадкування стійкості до фітопатогенів гібридами озимої пшениці при зрощенні. *Зрошуване землеробство*. 2007. Вип. 47. С. 134–139.
  14. Селекція пшениці м'якої озимої за використання пшенично-житніх транслокацій в умовах центрального Лісостепу / В.В. Кириленко, Н.С. Дубовик, О.В. Гуменюк, Г.Б. Вологдіна, Р.М. Лось. Київ : Компрінт, 2021. 221 с.
  15. Успадкування висоти рослин гібридами пшениці озимої різного еколого-генетичного походження в умовах зрощення / А.Ю. Жупина, Г.Г. Базалій, Л.О. Усик, Т.Ю. Марченко, Ю.О. Лавриненко. *Аграрні інновації*. 2021. № 10. С. 122–129. URL: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.10.19>.
  16. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях / Р.А. Вожегова, М.П. Малярчук та ін. Херсон : Гринь Д.С., 2014. 286 с.
  17. Saari E.E., Prescott J.M. A scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases. *Plant Disease*. 1975. № 59. P. 377–380.
  18. Бабаянц О.В., Бабаянц Л.Т. Основы селекции и методология оценок устойчивости пшеницы к возбудителям болезней. Одесса : БМВ, 2014. 401 с.
  19. Методологія виділення форм польових культур за стійкістю до комплексу біо- та абіотичних чинників / В.П. Петренкова, І.Ю. Боровська, І.С. Лучна, Т.В. Сокол, І.М. Ниска, Є.Ю. Кучеренко, К.В. Компанець. Харків : ФОП Бровін, 2018. 242 с.
- REFERENCES:**
1. Lyfenko, S.P., Yeryniak, M.I., Nakonechnyi, M.Yu. (2016). Metody ta rezultaty selektsii vysokointensyvnykh sortiv pshenytsi miakoi ozymoi v umovakh Pivdnia Ukrainy [Methods and results of selection of high-intensity varieties of soft winter wheat in the South of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats Seleksiino-henetychnoho instytutu – Natsionalnoho tsentru nasinnieznavstva ta sortovyvchennia – Collection of scientific works of the Breeding and Genetic Institute – National Center for Seed Science and Variety Research*, iss. 27(67), pp. 23–35 [in Ukrainian].
  2. Lytvynenko, M.A. (2016). Stvorennia sortiv pshe-nytsi miakoi ozymoi (*Triticum aestivum* L.), adaptovanykh do zmin klimatu na Pivdni Ukrainy [Creation of varieties of soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.), adapted to climate change in the South of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats Seleksiino-henetychnoho instytutu – Natsionalnoho tsentru nasinnieznavstva ta sortovyvchennia – Collection of scientific works of the Breeding and Genetic Institute – National Center for Seed Science and Variety Research*, iss. 27(67), pp. 36–53 [in Ukrainian].
  3. Babaiants, O.V., Sauliak, N.Y., Babaiants, L.T., Ternovoi, K.P., Halaev, A.V. (2016). Novui yskhodnui materyal dlia selektsii pshenytsu (*Triticum aestivum* L.) na hrupovuuiu ustoichyvost k fytopatohenam [A new starting material for the selection of wheat (*Triticum aestivum* L.) for group resistance to phytopathogens]. *Zbirnyk naukovykh prats Seleksiino-henetychnoho instytutu – Natsionalnoho tsentru nasinnieznavstva ta sortovyvchennia – Collection of scientific works of the Breeding and Genetic Institute – National Center for Seed Science and Variety Research*, iss. 28(68), pp. 68–75 [in Russian].
  4. Kumar, S., Singroha, G., Bhardwaj, S.C. (2019). Multienviromental evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) germplasm identifies donors with multiple fungal disease resistance. *Genetic Resources and Crop Evolution*, vol. 66, no. 4, pp. 797–808. DOI: 10.1007/s10722-019-00751-3 [in English].
  5. Hurni, S., Brunner, S., Stirnweis, D., Herren, G., Peditto, D., McIntosh, R.A., Keller, B. (2014). The powdery mildew resistance gene Pm8 derived from rye is suppressed by its wheat ortholog Pm3. *The Plant Journal*, vol. 79, no. 6, pp. 904–913. DOI: 10.1111/tpj.12593 [in English].
  6. Tao, Y., Vlasenko, V., Wu, L. (2021). Cloning and bioinformatics analysis of wheat powdery mildew resistance related gene TAGDSL. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu. Seriya "Ahronomiia i biolohiia" – Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series "Agronomy and Biology"*, no. 2(44), pp. 66–72. Retrieved from: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2021.2.9> [in English].
  7. McIntosh, R.A., Dubcovsky, J., Rogers, W.J. (2009). Catalogue of Gene Symbols for Wheat: 2009 Supplement. *Annual Wheat Newsletter*, vol. 55, pp. 256–278 [in English].
  8. Leonov, O.Yu. (2010). Zakonomirnosti proiavu oznaky stiikosti do boroshnystoi rosy sered zrazkiv henofondu pshenytsi miakoi [Regularities of manifestation of the sign of resistance to powdery mildew among the samples of the gene pool of soft wheat]. *Zbirnyk naukovykh prats Seleksiino-henetychnoho instytutu – Natsionalnoho tsentru nasinnieznavstva ta sortovyvchennia – Collection of scientific works of the Breeding and Genetic Institute – National Center for Seed Science and Variety Research*, iss. 16(56), pp. 208–220 [in Ukrainian].
  9. Păunescu, G., Paraschivu, M., Păunescu, R.A., Roșculete, C.A. (2022). The relationship between yield and pathogens attack on the advanced breeding winter wheat lines assessed for adult plant resistance. *Scientific Papers Series "Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development"*, vol. 22, iss. 1, pp. 493–501 [in English].
  10. Morhun, V.V., Topchii, T.V. (2016). Poshuk novykh dzherel stiikosti pshenytsi ozymoi do osnovnykh zbudnykiv hrybnykh khvorob [Search for new sources of resistance of winter wheat to the main pathogens of fungal diseases]. *Fiziolohiia roslin i henetyka – Plant physiology and genetics*, vol. 48, no. 5, pp. 393–400. Retrieved from: <https://doi.org/10.15407/frg2016.05.393> [in Ukrainian].
  11. Demydov, O.A., Volohdina, H.B., Voloshchuk, S.I., Humeniuk, O.V., Kyrylenko, V.V., Khomenko, S.O. (2019). Vykhidnyi material dlia selektsii pshenytsi miakoi ozymoi na vysokuu stiikist do khvorob v umovakh Lisostepu Ukrainy [Source material for selection of soft winter wheat for high resistance to diseases in conditions of the Forest-Steppe of Ukraine]. *Fakty eksperymentalnoi evoliutsii orhanizmiv – Factors of experimental evolution of organisms*, vol. 24, pp. 63–69 [in Ukrainian].
  12. Khomenko, L.O., Sandetska, N.V. (2018). Dzherela kompleksnoi stiikosti pshenytsi ozymoi (*Triticum aes-*

- tivum L.) u selektsii na adaptivnist [Sources of complex stability of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) in selection for adaptability]. *Plant Varieties Studying and Protection*, vol. 14, no. 3, pp. 270–275. Retrieved from: <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.3.2018.145289> [in Ukrainian].
13. Orliuk, A.P., Bazalii, H.H., Biliaieva, I.M. (2007). Osoblyvosti uspadkovuvannia stiihosti do fitopatoheniv hibrydamy ozymoi pshenytsi pry zroshenni [Features of inheritance of resistance to phytopathogens by hybrids of winter wheat under irrigation]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigation agriculture*, iss. 47, pp. 134–139 [in Ukrainian].
  14. Kyrylenko, V.V., Dubovyk, N.S., Humeniuk, O.V., Volohdina, H.B., Los, R.M., Dubovyk, D.Yu. (2021). *Selektsiia pshenytsi miakoi ozymoi za vykorystannia pshenychno-zhytnikh translokatsii v umovakh tsentralnoho Lisostepu* [Selection of soft winter wheat using wheat-rye translocations in conditions of the central forest-steppe]. Kyiv: Komprint, 221 p. [in Ukrainian].
  15. Zhupina, A.Yu., Basaliy, G.G., Usyk, L.O., Marchenko, T.Yu., Lavrynenko, Yu.O. (2021). Uspadkovuvannia vysoty roslyn hibrydamy pshenytsi ozymoi riznoho ekoloho henetychnoho pokhodzhenia v umovakh zroshennia [Inheritance of plant height by winter wheat hybrids of different ecological genetic origin under irrigation conditions]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian innovations*, no. 10, pp. 122–129. Retrieved from: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.10.19> [in Ukrainian].
  16. Vozhegova, R.A., Malyaruk, M.P. (2014). *Metodyka polovnykh i laboratornykh doslidzhen na zroshuvanykh zemliakh* [Methods of field and laboratory research on irrigated lands]. Kherson: Hrin D.S., 286 p. [in Ukrainian].
  17. Saari, E.E., Prescott, J.M. (1975). A scale for appraising the foliar intensity of wheat diseases. *Plant Disease*, no. 59, pp. 377–380 [in English].
  18. Babayants, O.V., Babayants, L.T. (2014). *Osnovu selektsii y metodolohiya otsenok ustoichyvosti pshentsu k vzbudyteliu boleznei* [Fundamentals of selection and methodology for assessing the resistance of wheat to pathogens]. Odesa: VMV, 401 p. [in Russian].
  19. Petrenkova, V.P., Borovskaya, I.Yu., Luchna, I.S., Sokol, T.V., Nyska, I.M., Kucherenko, E.Yu., Kompanets, K.V. (2018). *Metodolohiia vydielennia form polovnykh kultur za stiihostiu do kompleksu bio- ta abiotychnykh chynnykiv* [Methodology of selection of forms of field crops by resistance to complex of bio- and abiotic factors]. Kharkiv: FOP Brovin, 242 p. [in Ukrainian].

**Жупина А.Ю., Базалій Г.Г., Усик Л.О., Марченко Т.Ю., Лавриненко Ю.О. Успадкування стійкості до борошністої роси (*Blumeria graminis* F. sp. *tritici* Bgt.) гібридами пшениці озимої різного еколого-генетичного походження в умовах зрошення**

**Мета статті** – визначити характер успадкування ознаки «стійкість (ураженість) до борошністої роси» в гібридів пшениці м'якої озимої, що створені із залученням пізньостиглих зразків західноєвропейського екотипу, а також встановити кореляції стійкості до борошністої роси з тривалістю міжфазного періоду «цвітіння – стиглість зерна» та урожайністю зерна елітних селекційних сімей. **Методи.** Польові дослі-

дження проведені в Інституті зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України у 2016–2021 рр. Об'єктом досліджень були сучасні сорти пшениці озимої селекції Інституту зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України, колекційні зразки західноєвропейського екотипу, що були інтродуковані з Франції (номера реєстрації Кф №...-16), та гібриди, створені за їх участю. **Результати досліджень.** Стійкість до борошністої роси батьківських компонентів інтродукованих зразків коливалася в межах 65,7...90,3%. Більшість інтродукованих сортозразків поступалася вітчизняним за стійкістю, що може бути пов'язано з більшою тривалістю періоду вегетації та подовженням термінів інфекційного навантаження в цей період. Найбільша стійкість до борошністої роси західноєвропейських сортів спостерігалася в Кф5-16, Кф2-16, що відповідало рівню стійкості вітчизняних сортів Овідій, Леда. Серед вітчизняних сортів найбільшою стійкістю характеризувалися сорти Овідій, Леда (91,2...91,3%), ці сортозразки характеризуються як «стійкі» (75...90%) та займають середнє положення між «високою стійкістю» (90...100%) і «слабкою сприйнятливістю» (60...75%). Гібриди першого покоління (F<sub>1</sub>) успадковували ознаку переважно за проміжним типом та домінуванням стійкості. Істинний гетерозис проявили 2 комбінації з 12, при цьому ступінь гетерозису був дуже низьким (100,3...102,0%), що вказує на полігенний тип успадкованості та відсутність ефекту кумулятивної дії алелів стійкості й гетерозисного ефекту. **Висновки.** Проведення оцінок відібраних сімей за ураженістю (стійкістю) борошністою росю (*Blumeria graminis* F. sp. *tritici* Bgt.) у гібридних популяціях пшениці м'якої озимої, термінами проходження фаз розвитку та урожайністю зерна в селекційних розсадниках дали змогу з'ясувати рівень зв'язків окремих ознак та визначити найбільш вагомі маркерні для проведення доборів і корегування моделі сорту.

**Ключові слова:** пшениця озима, гібриди, борошніста роса, ураженість, стійкість, урожайність зерна.

**Zhupina A.Yu., Bazaliy G.G., Usyk L.O., Marchenko T.Yu., Lavrynenko Yu.O. Inheritance of resistance to mildew (*Blumeria graminis* F. sp. *tritici* Bgt.) hybrids of winter wheat of various ecological and genetic origin under irrigation**

The purpose of the article is to establish the nature of the inheritance of the trait “resistance (damage) to powdery mildew” in hybrids of soft winter wheat, created with the help of late-maturing specimens of the Western European ecotype, and also to establish correlations of resistance to powdery mildew with the duration of the interphase period “flowering – grain ripeness” and grain yield of elite breeding families. **Methods.** Field studies were conducted at the Institute of Irrigated Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine in 2016–2021. The object of research was modern varieties of winter wheat of the Institute of Irrigated Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, collection samples of Western European ecotype, which were introduced from France (registration numbers Kf №...-16) and hybrids created with their participation. **Results.** Resistance to powdery mildew of the parent components of the introduced samples ranged from 65,7 to 90,3%. Most of the introduced cultivars were inferior to domestic ones in terms of resistance, which may be due to the longer vegetation period and the extension of the infectious load during

this period. The greatest resistance to powdery mildew of Western European varieties was observed in Kf5-16, Kf2-16, which corresponded to the level of resistance of domestic varieties Ovid, Ledia. Among domestic varieties, the varieties Ovidii and Ledia were characterized by the highest resistance (91,2...91,3%), such varieties are characterized as "stable" (75...90%) and occupy the middle position between "high resistance" (90...100%) and "weak susceptibility" (60...75%). Hybrids of the first generation (F<sub>1</sub>) inherited the trait mainly by intermediate type and dominance of resistance. True heterosis was shown by 2 combinations out of 12, and the degree of heterosis was

very low (100,3...102,0%), which indicates a polygenic type of heredity and no effect of cumulative action of resistance alleles and heterosis effect. **Conclusions.** Assessments of selected families for powdery mildew (resistance) to powdery mildew (*Blumeria graminis* F. sp. Triticum Bgt.) in hybrid populations of soft winter wheat, timing of development phases and grain yield in breeding nurseries allowed to determine the level of links between individual characteristics and identify the most important markers for selection and adjustment of the model variety.

**Key words:** winter wheat, hybrids, powdery mildew, infestation, stability, grain yield.



## ОЦІНКА СТІЙКОСТІ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ СЕЛЕКЦЕНТРІВ УКРАЇНИ ПРОТИ ХВОРОБ НА ШТУЧНИХ ІНФЕКЦІЙНИХ ФОНАХ ЇХ ЗБУДНИКІВ

**МУРАШКО Л.А.** – науковий співробітник

*orcid.org/0000-0002-0438-7682*

Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла Національної академії аграрних наук

**МУХА Т.І.** – науковий співробітник

*orcid.org/0000-0002-2628-7324*

Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла Національної академії аграрних наук

**ГУМЕНЮК О.В.** – кандидат сільськогосподарських наук

*orcid.org/0000-0002-1147-088X*

Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла Національної академії аграрних наук

**НОВИЦЬКА Н.В.** – доктор сільськогосподарських наук, доцент

*orcid.org/0000-0002-7645-4151*

Національний університет біоресурсів і природокористування України

**МАРТИНОВ О.М.** – науковий співробітник

*orcid.org/0000-0001-7680-7490*

Український інститут експертизи сортів рослин

**Постановка проблеми.** Серед чинників, які обмежують реалізацію потенційної продуктивності сортів і гібридів, провідну роль відіграють шкідливі організми (шкідники і збудники хвороб), втрати врожаїв від яких за усередненими оцінками ФАО становлять 33%, а в роки спалахів розмноження фітофагів та епіфітотійного розвитку збудників хвороб сягають 50% і більше. Відомо, що в Україні щорічний недобір урожаю через шкідливу дію збудників хвороб і шкідників становить 12–14%, що прирівнюється до вартості зерна озимої пшениці з площі 1 млн га [1; 2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз фітосанітарного стану посівів сільськогосподарських культур упродовж останніх років свідчить про його катастрофічне загострення. Така ситуація значною мірою пов'язана з тим, що налагоджена система захисту рослин порушена і здебільшого носить епізодичний характер. До цього призвели й погодно-кліматичні зміни, що відбуваються останнім часом. Інтенсивне потепління клімату в Україні чітко простежується з 1988 р. і більш відчутне в зимові місяці. Поступово підвищується температура в літні місяці. За 100 років метеоспостережень найтеплішим було останнє десятиліття, коли середньорічна температура повітря перевищувала норму по роках від 0,8 до 2,1°C. Середньорічна температура повітря у Ліссостепу за останні 15 років зросла на 0,7°C. Згідно з моніторингом агросфери, показники чисельності й поширення основних шкідників і хвороб сільськогосподарських культур із року в рік невпинно збільшуються [1; 3].

Залежно від вирощуваних сортів і кліматичних умов року від борошнистої роси гине 14–40% рослин, що, своєю чергою, призводить до втрати 10–55% урожаю. Патоген уражує стебла, листки, листові піхви, колоскові луски, остюки колосків, спричинює зменшення асиміляційної поверхні та ослаблення обміну речовин у рослини-живителя. За сильного і раннього ураження зменшуються кущистість і висота рослин, затримуються строки колосіння, зерно досягає перед-

часно, щупле, з низькими технологічними якістьми [4; 5]. Останнім часом лідирує також і септоріоз (у середньому 25,6% у комплексі хвороб). Історія септоріозів засвідчує, що ця хвороба стає серйозною через кожні 25 років. Протягом вегетації вона розвивається на всіх надземних органах рослин. Уражені рослини відстають у рості, листки на них часто всихають, колосся недорозвинуте, зерно формується плюскле, унаслідок чого знижується врожай і погіршуються посівні якості насіння. Зросли також частки іржастих хвороб (16,8–22%) і кореневих гнилей (24–28%), які дедалі частіше називають «хворобами сучасних систем землеробства». Під дією збудника бурої іржі зменшується кількість зернин у колосі, знижується харчова цінність зерна, отриманого із заражених рослин. На ранній стадії розвитку рослин збудник бурої іржі може призвести до деформації їхніх органів і полягання рослин. У масштабах Земної кулі на сьогодні під загрозою епіфітотії іржастих хвороб перебувають 65 млн га сільськогосподарських угідь [6; 7]. Якщо зерно інфіковане фітопатогенними грибами, ймовірно його забруднення небезпечними для здоров'я людей і тварин метаболітами. За даними закордонних учених, за інфікування зерна до 10% урожай, як правило, істотно не знижується, проте вміст мікотоксинів у продукції може перевищувати ГДК. При цьому харчова цінність зерна знижується на 20–25%. Загалом економічні втрати внаслідок забруднення рослинної сировини і кормів мікотоксинами можуть перевищувати 60% загальних збитків через інфікування грибами [8; 9].

Найрадикальнішим, найперспективнішим, екологічно безпечним та економічно вигідним напрямом удосконалення інтегрованої системи захисту озимої пшениці є вирощування сортів, стійких до шкідників і збудників хвороб. Саме цей напрям дає змогу без додаткових затрат мінімізувати втрати врожаю від шкідливих організмів та зменшити енерговитрати на 25–30% [10].

**Мета досліджень** – вивчити стійкість сортів пшениці озимої різних селекційних центрів України проти хвороб на штучних інфекційних фонах їх збудників.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження проводили в 2016–2020 рр. в умовах штучної інокуляції збудниками хвороб у польових інфекційних розсадниках відділу захисту рослин Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН (с. Центральне, Обухівський район, Київська область) у північній частині Правобережного Лісостепу. Зараження рослин пшениці озимої спорами збудника бурої іржі проводили у фазі виходу рослин у трубку за методикою Е.Е. Гешеле [11]. Для створення штучного інфекційного фону використовували синтетичну популяцію збудника, одержану з Інституту захисту рослин НААН. Як накопичувач інфекції у досліді використовували сприйнятливий до такого збудника сорт Миронівська 10.

За програмою стійкості проти борошнистої роси створювали провокаційний фон збудника, використовуючи місцеву популяцію згідно із загальноприйнятою методикою [12]. Як накопичувач інфекції використовували американський сорт Кепок. Штучний фон збудника церкоспорельозу створювали шляхом обприскування рослин пшениці ранньою весною у фазі кушіння суспензією міцелію, для напрацювання якого використовували штами місцевої популяції збудника за загальноприйнятою методикою [13]. Для створення штучного інфекційного фону септоріозу листя проводили обприскування рослин озимої пшениці у фазі початок виходу в трубку суспензією спор, виділених з місцевої популяції збудника. При цьому використовували методику Г.В. Пижикової [14]. У схему дослідів включали сприй-

нятливий до такого збудника сорт Донская полукарликовая як накопичувач інфекції. Штучний інфекційний фон твердої сажки створювали за методом А.І. Борггарда-Анпілогова [15], який полягає у заспороженні посівного матеріалу за кілька днів до сівби. Штучний інфекційний фон фузаріозу колоса створювали шляхом обприскування рослин пшениці озимої у фазі цвітіння суспензією спор, виділених з місцевої популяції збудника, згідно із загальноприйнятою методикою [16]. Стійкість рослин проти збудника борошнистої роси, септоріозу, фузаріозу, бурої іржі, церкоспорельозу, твердої сажки визначали за загальноприйнятими методиками.

Оцінку стійкості рослин озимої пшениці проти збудників хвороб проводили в динаміці (для вивчення наростання хвороби), основною вважали оцінку в період максимального розвитку хвороб. Для борошнистої роси, септоріозу – фаза цвітіння озимої пшениці, фузаріозу, бурої іржі – фаза молочної стиглості, твердої сажки – фаза молочно-воскової стиглості, церкоспорельозу – фаза воскової стиглості [16; 17]. Для визначення дії абіотичних факторів, зокрема погодних умов (кількості опадів і температури), на розвиток хвороб застосовували гідротермічний коефіцієнт (ГТК) [18].

**Результати досліджень.** Для виокремлення комплексно стійкого матеріалу у 2016–2020 роках у колекційному розсаднику з використанням роздільних штучних інфекційних фонів збудників твердої сажки, церкоспорельозної кореневої гнилі, бурої іржі, фузаріозу колосу, септоріозу листя та провокуючого фону борошнистої

Таблиця 1

**Інтенсивність ураження кращих сортів пшениці озимої з різних селекційних центрів України збудниками хвороб колосу та кореневими гнилями (середнє за 2016–2020 рр.)**

| Хвороби колосу                                                                  | Сорт                             | Країна походження, установа оригінатор* | Інтенсивність ураження, % |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------|
| Тверда сажка / <i>Tilletia caries</i> Tul.                                      | <i>Polka</i> (уразливий сорт)    | HUN                                     | 50,5                      |
|                                                                                 | Спасівка                         | ІФРiГ                                   | 0,6                       |
|                                                                                 | Смуглянка                        | ІФРiГ, МiП                              | 2,9                       |
|                                                                                 | Каланча                          | ІФРiГ                                   | 1,7                       |
|                                                                                 | Відрадна                         | Білоцерківська ДСС                      | 6,4                       |
|                                                                                 | Чорнява                          | Полтавська ДАА                          | 2,9                       |
| Фузаріоз колосу / <i>Fusarium graminearum</i> , <i>Fusarium sporotrichiella</i> | <i>Natula</i> (уразливий сорт)   | POL                                     | 18,0                      |
|                                                                                 | Зорепад                          | СГІ                                     | 1,0                       |
|                                                                                 | Лановий                          | СГІ                                     | 1,0                       |
|                                                                                 | Благо                            | ІР                                      | 1,0                       |
|                                                                                 | Герта                            | Полтавська ДАА                          | 2,0                       |
|                                                                                 | Кармен                           | ІФРiГ                                   | 2,0                       |
| Кореневі гнилі                                                                  | <i>MV-EMESE</i> (уразливий сорт) | HUN                                     | 36,4                      |
|                                                                                 | Запорука                         | СГІ                                     | 9,5                       |
|                                                                                 | Княжна Ольга                     | СГІ                                     | 9,2                       |
|                                                                                 | Задумка одеська                  | СГІ                                     | 5,3                       |
|                                                                                 | Либідь                           | Білоцерківська ДСС                      | 5,2                       |
|                                                                                 | Красень                          | СГІ                                     | 9,1                       |
|                                                                                 | Ольжанка                         | ІЗР                                     | 7,5                       |
|                                                                                 | Лимарівна                        | ІФРiГ                                   | 10,4                      |

\* Примітка: тут і далі МiП – Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН; ІФРiГ – Інститут фізіології рослин і генетики НАН України; СГІ – Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насінництва та сортозведення НААН; ІР – Інститут рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН; ІЗР – Інститут захисту рослин НААН

роси досліджували 164 сорти пшениці озимої різних селекцій України. Серед них за 5 років імунних сортів проти твердої сажки не виявлено. Виокремили 5 сортів з високою стійкістю (0,6–6,4%) – Спасівка, Смоглянка, Каланча, Відрадна, Чорнява (табл. 1). На увагу заслу-

говують сортозразки пшениці Запорука, Княжна Ольга, Задумка одеська, Либідь, Красень, Ольжанка та Лимарівна. Ці сорти за звітний період проявили стійкість проти корневих гнилей (ураження 5,2–10,7%) у разі ураження сприятливого сорту MV-EMESE – 34,7%.

Таблиця 2

**Імунологічна характеристика кращих сортів пшениці озимої з різних селекцій України за групою стійкістю проти збудників хвороб колосу та корневих гнилей (середнє за 2016–2020 рр.)**

| Сорт                             | Країна походження, установа оригіналатор | Ураження хворобами, % |                 |                |
|----------------------------------|------------------------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|
|                                  |                                          | тверда сажка          | фузаріоз колосу | кореневі гнилі |
| <i>Polka</i> (уразливий сорт)    | HUN                                      | 50,5                  | 2,0             | 22,2           |
| <i>Natula</i> (уразливий сорт)   | POL                                      | 50,0                  | 18,0            | 12,7           |
| <i>MV-EMESE</i> (уразливий сорт) | HUN                                      | 40,0                  | 3,0             | 36,4           |
| Славна                           | ІФРІГ, МІП                               | 3,6                   | 3,0             | 10,7           |
| Селянка                          | СГІ                                      | 5,6                   | 1,0             | 6,7            |
| Журавка                          | СГІ                                      | 1,2                   | 0,5             | 3,7            |

Таблиця 3

**Інтенсивність ураження кращих сортів пшениці озимої з різних селекцій України збудниками листових хвороб (середнє за 2016–2020 рр.)**

| Хвороби колосу                                                                                                            | Сорт                                           | Країна походження, установа, оригіналатор | Інтенсивність ураження, % |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|
| Борошниста роса / <i>Erysiphe graminis</i> (DC)                                                                           | <i>Кепрок</i> (уразливий сорт)                 | USA                                       | 35,0                      |
|                                                                                                                           | Ластівка одеська                               | СГІ                                       | 4,8                       |
|                                                                                                                           | Журавка                                        | СГІ                                       | 4,8                       |
|                                                                                                                           | Ясочка                                         | Білоцерківська ДСС                        | 5,8                       |
|                                                                                                                           | Щедра нива                                     | Білоцерківська ДСС                        | 7,2                       |
|                                                                                                                           | Лісова пісня                                   | Білоцерківська ДСС                        | 7,2                       |
|                                                                                                                           | Перлина Лісостепу                              | Білоцерківська ДСС                        | 7,4                       |
|                                                                                                                           | Солоха                                         | ІФРІГ                                     | 7,6                       |
|                                                                                                                           | Волошка                                        | МІП, ІФРІГ                                | 7,2                       |
| Бура іржа / <i>Puccinia recondita</i> f. sp. <i>tritici</i> Rob. ex Desm ( <i>P. triticina</i> Erikss).                   | <i>Миронівська 10</i> (уразливий сорт)         | МІП                                       | 34,7                      |
|                                                                                                                           | Задумка одеська                                | СГІ                                       | 3,5                       |
|                                                                                                                           | Голубка одеська                                | СГІ                                       | 3,5                       |
|                                                                                                                           | Борвій                                         | СГІ                                       | 2,8                       |
|                                                                                                                           | Ніконія                                        | СГІ                                       | 3,5                       |
|                                                                                                                           | Куяльник                                       | СГІ                                       | 3,5                       |
|                                                                                                                           | Чародійка білоцерківська                       | Білоцерківська ДСС                        | 5,0                       |
|                                                                                                                           | Відрадна                                       | Білоцерківська ДСС                        | 4,0                       |
|                                                                                                                           | Ледя                                           | ІЗ                                        | 3,7                       |
|                                                                                                                           | Нива Київщини                                  | ІФРІГ                                     | 4,0                       |
|                                                                                                                           | Пам'яті Гірка                                  | ІЗ                                        | 2,5                       |
|                                                                                                                           |                                                |                                           |                           |
| Септоріоз листя / <i>Septoria tritici</i> Rob. et Desm., <i>Septoria graminum</i> Desm., <i>Septoria triticola</i> Lobik. | <i>Донская полукарликовая</i> (уразливий сорт) | RUS                                       | 45,0                      |
|                                                                                                                           | Спасівка                                       | ІФРІГ, МІП                                | 15,0                      |
|                                                                                                                           | Дарунок Поділля                                | ІФРІГ, МІП                                | 13,3                      |
|                                                                                                                           | Почаївка                                       | ІФРІГ, МІП                                | 15,0                      |
|                                                                                                                           | Пилипівка                                      | СГІ                                       | 13,8                      |
|                                                                                                                           | Подільська 90                                  | ІР                                        | 11,7                      |
|                                                                                                                           | Краєвид                                        | ІР                                        | 15,0                      |
|                                                                                                                           | Цвіт Калини                                    | ІЗ                                        | 14,3                      |
|                                                                                                                           | Поверна                                        | ІЗР                                       | 13,8                      |
|                                                                                                                           | Герта                                          | Полтавська ДАА                            | 12,0                      |

Таблиця 4

Імунологічна характеристика кращих сортів пшениці з різних селекційних центрів України за груповою стійкістю проти збудників листових хвороб (середнє за 2016–2020 рр.)

| Сорт                                    | Країна походження, установа, оригінатор | Інтенсивність ураження хворобами, % |                 |           |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|-----------|
|                                         |                                         | борошнеста роса                     | септоріоз листя | бура іржа |
| Кепрок (уразливий сорт)                 | USA                                     | 35,0                                | 30,0            | 21,2      |
| Донская полукарликовая (уразливий сорт) | RUS                                     | 20,0                                | 45,0            | 36,2      |
| Миронівська 10 (уразливий сорт)         | МІП                                     | 22,5                                | 23,0            | 34,7      |
| Перлина Лісостепу                       | Білоцерківська ДСС                      | 7,4                                 | 14,5            | 7,0       |
| Спасівка                                | ІФРІГ, МІП                              | 12,5                                | 15,0            | 6,0       |
| Почаївська                              | ІФРІГ, МІП                              | 12,0                                | 15,0            | 9,5       |
| Солоха                                  | ІФРІГ                                   | 7,6                                 | 13,8            | 9,0       |
| Леля                                    | ІЗ                                      | 11,0                                | 15,0            | 3,7       |
| Пам'яті Гірка                           | ІЗ                                      | 12,5                                | 12,5            | 2,5       |

На штучному інфекційному фоні фузаріозу колосу серед сортів пшениці озимої різних селекційних центрів України імунних не виявлено, проте вдалося виокремити високо-стійкі сорти: Зорепад, Лановий, Благо, Віта, Герта, Кармен, ураження збудником яких було в межах від 1,0 до 3,0%. Серед досліджуваних сортів виявлено і такі, що мають групову стійкість проти збудників хвороб колосу та кореневих гнилей. Сорти Славна, Селянка, Журавка проявили високу стійкість проти твердої сажки та помірну стійкість проти фузаріозу колосу і кореневих гнилей (табл. 2).

За стійкістю проти борошнистої роси серед сортів різних селекційних центрів України виділились Ластівка одеська, Журавка, Ясочка, Щедра нива, Лісова пісня, Перлина Лісостепу, Солоха, Волошкава; проти бурої іржі – Задумка одеська, Голубка одеська, Борвій, Куяльник, Чародійка білоцерківська, Відрадна та ін.; проти септоріозу листя стійких виокремили 9 сортів – Спасівка, Дарунок Поділля, Почаївська, Пилипівка та ін. (табл. 3).

За груповою стійкістю проти борошнистої роси, септоріозу листя та бурої іржі виділили сорти Перлина Лісостепу, Спасівка, Почаївка, Солоха, Леля, Пам'яті Гірка (табл. 4).

**Висновки.** Групову стійкість проти основних збудників хвороб серед 164 сортів з різних селекційних центрів України за стійкістю проти основних збудників хвороб виокремили сорти: Славна, Селянка, Журавка, Перлина Лісостепу, Спасівка, Почаївка, Солоха, Леля, Пам'яті Гірка.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Моргун В.В., Топчій Т.В. Значення стійких сортів озимої пшениці, вивчення джерел і донорів стійкості до шкідників та основних збудників хвороб. *Фізіологія рослин і генетика*. 2018. Т. 50. № 3. С. 218–240.
2. Мурашко Л.А., Муха Т.І., Ковалишина Г.М., Дмитренко Ю.М. Характеристика вихідного матеріалу, стійкого проти фузаріозу колоса та кореневих гнилей, для селекції пшениці озимої. *Plant and Soil Scitnce*. 2021. Vol. 12(4). С. 80–90. URL: <http://dx.doi.org/10.31548/agr2021.04.080>.
3. Kalenska S., Yermenko O., Novitska N., Yynyk A., Honchar L., Cherniy V., Stolyarchuk T., Kalenskyi V., Scherbakova O., Rigenko A. Enrichment of field crops

biodiversity in conditions of climate changing. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2019. № 9 (1). Р. 19–24.

4. Кривченко В.І., Суханбердина Э.Х., Вершинина В.А., Лебедева Т.В. Изучение устойчивости злаковых культур к мучнистой росе. *Методические указания*. Ленинград, 1980. 79 с.
5. Васильев В.П., Лісовий М.П., Веселовський І.В. та ін. Довідник по захисту польових культур / за ред. В.П. Васильєва та М.П. Лісового. 2-е вид., перероб. і доп. Київ : Урожай, 1993. 224 с.
6. Ковалишина Г.М., Дмитренко Ю.М., Муха Т.І. Вихідний матеріал для селекції пшениці озимої на стійкість проти бурої іржі. *Plant and Soil Science*. Vol. 11(2). 2020. С. 13–22.
7. Ковалишина Г.М. Вплив метеорологічних факторів на ступінь ураження миронівських сортів озимої пшениці бурю іржею. *Захист і карантин рослин*. 2006. Вип. 52. С. 101–109.
8. Ковалишина Г.М., Марусич Г.П. Вплив агротехнічних заходів на розвиток кореневої гнилі озимої пшениці. *Науково-технічний бюлетень Миронівського інституту пшениці ім. В.М. Ремесла УААН*. 2009. Вип. 9. С. 256–264.
9. Афанасьєва О.Г., Бойко І.А., Соколовська М.П., Довгаль З.Д. Джерела групової стійкості озимої пшениці проти збудників листових хвороб та церкоспорельозної гнилі. *Карантин і захист рослин*. 2010. № 12. С. 2–4.
10. Жемела Г.П., Бараболя О.В., Татарко Ю.В., Антоновський О.В. Вплив сортових особливостей на якість зерна пшениці озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 3. С. 32–39. URL: <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.03.03>.
11. Гешеле Э.Э. Методическое руководство по фитопатологической оценке зерновых культур. Одесса : Изд. ВСГИ, 1971. 180 с.
12. Кривченко В.І., Суханбердина Э.Х., Вершинина В.А., Лебедева Т.В. Изучение устойчивости злаковых культур к мучнистой росе. *Методические указания*. Ленинград, 1980. 79 с.
13. Григорьев М.Ф. Методические указания по изучению устойчивости зерновых культур к корневым гнилям. Ленинград : Изд-во ВИР, 1976. 59 с.

14. Пыжикова Г.В., Санина А.А., Супрун Л.М., Курахтанова Т.И., Гогая Т.И., Мепаришвили С.У., Анциферова Л.В., Кузнецов Н.С., Кузьмичев А.А. Методы оценки устойчивости селекционного материала и сортов пшеницы к септориозу. Москва, 1989. 43 с.
  15. Кривченко В.И., Мягкова Д.В., Жукова А.Э., Хохлова А.П. Изучение головневоустойчивости зерновых колосовых культур. *Методические указания*. Ленинград, 1987. 110 с.
  16. Бабаянц Л., Мештерхази А., Вехтер Ф., Неклеса Н., Дубинина Л., Омельченко Л., Ключковская Е., Слюсаренко А., Бартош П. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах-членах СЭВ. Прага, 1988. 321 с.
  17. Трибель С.О., Гетьман М.В., Стригун О.О. та ін. Методологія оцінювання стійкості сортів пшениці проти шкідників і збудників хвороб / за ред. С.О. Трибеля. Київ : Колобів, 2010. 392 с.
  18. Трибель С.О., Сігарьова Д.Д., Секун М.П., Іващенко О.О. та ін. Методики випробування і застосування пестицидів / За ред. проф. С.О. Трибеля. Київ : Світ, 2001. 48 с.
- REFERENCES:**
1. Morhun V.V., Topchii T.V. (2018). Znachennia stiikyykh sortiv ozymoi pshenytsi, vyvchennia dzherel i donoriv stiikosti do shkidnykiv ta osnovnykh zbudnykiv khvorob [The significance of resistant winter wheat varieties, the study of sources and donors of resistance to pests and major pathogens]. *Fyzyolohyia rastenyi y henytyka*. T. 50. № 3. 218–240 [in Ukrainian].
  2. Murashko L.A., Mukha T.I., Kovalyshyna H.M., Dmytrenko Yu.M. (2021). Kharakterystyka vykhidnoho materialu, stiikoho proty fuzariozu kolosa ta korenykh hnylei, dlia seleksii pshenytsi ozymoi [Characteristics of source material resistant to Fusarium colossum and root rot for winter wheat breeding]. *Plant and Soil Science*. Vol. 12 (4). 80–90. Retrieved from: <http://dx.doi.org/10.31548/agr2021.04.080> [in Ukrainian].
  3. Kalenska S., Yeremenko O., Novitska N., Yunyk A., Honchar L., Cherniy V., Stolyarchuk T., Kalenskiy V., Scherbakova O., Rigenko A. (2019). Enrichment of field crops biodiversity in conditions of climate changing. *Ukrainian Journal of Ecology*. № 9 (1). 19–24.
  4. Krivchenko V.I., Suhanberdina Je.H., Vershinina V.A., Lebedeva T.V. (1980). Izuchenie ustojchivosti zlakovykh kul'tur k muchnistoj rose [The study of resistance of cereal crops to powdery mildew]. *Metodicheskie ukazaniya*. Leningrad. 79 [in Russian].
  5. Vasyliiev V.P., Lisovyi M.P., Veselovskiy I.V. et al. (1993). Dovidnyk po zakhystu polovykh kultur [Handbook for protection of field crops]. (Vasyliiev V.P., Lisovyi M.P. (Red.). Kyiv: Urozhai, 224. [in Ukrainian].
  6. Kovalyshyna H.M., Dmytrenko Yu.M., Mukha T.I. (2020). Vykhidnyi material dlia seleksii pshenytsi ozymoi na stiikist proty buroi irzhi [Source material for winter wheat breeding for resistance to brown rust]. *Plant and Soil Science*. Vol. 11(2). 13–22 [in Ukrainian].
  7. Kovalyshyna H.M. (2006). Vplyv meteorologichnykh faktoriv na stupin urazhennia myronivskykh sortiv ozymoi pshenytsi buroi irzheiu [Influence of meteorological factors on the degree of damage to myronivian varieties of winter wheat by lignin]. *Zakhyst i karantyn roslyn*. 52. 101–109 [in Ukrainian].
  8. Kovalyshyna H.M., Marusych H.P. (2009). Vplyv ahrotekhnichnykh zakhodiv na rozvytok korenevoi hnyli ozymoi pshenytsi [Influence of agrotechnical measures on the development of winter wheat root rot]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Myronivskoho instytutu pshenytsi im. V.M. Remesla UAAN*. 9. 256–264.
  9. Afanasieva O.H., Boiko I.A., Sokolovska M.P., Dovhal Z.D. (2010). Dzherela hrupovoi stiikosti ozymoi pshenytsi proty zbudnykiv lystkovykh khvorob ta tserkosporeloznoi hnyli [The sources of group resistance of winter wheat against leaf blight and cercosporreliosis rot]. *Karantyn i zakhyst roslyn*. 12. 2–4.
  10. Zhemela H.P., Barabolia O.V., Tatarko Yu.V., & Antonovskiy O.V. (2020). Vplyv sortovykh osoblyvosti na yakist zerna pshenytsi ozymoi [Effect of variety features on grain quality of winter wheat]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarynoi akademii*, № 3. 32–39. Retrieved from: <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.03.03> [in Ukrainian].
  11. Geshele Je.Je. (1971). Metodicheskoe rukovodstvo po fitopatologicheskoy ocenke zernovykh kul'tur [Methodical guide on phytopathological evaluation of grain crops]. Odessa: Izd. VSGI. 180 [in Russian].
  12. Krivchenko V.I., Suhanberdina Je.H., Vershinina V.A., Lebedeva T.V. (1980). Izuchenie ustojchivosti zlakovykh kul'tur k muchnistoj rose [The study of resistance of cereal crops to powdery mildew]. *Metodicheskie ukazaniya*. Leningrad. 79 [in Russian].
  13. Grigorev M.F. (1979). Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu ustoychivosti zernovykh kultur k kornevym gnilyam [Methodological guidelines for studying the resistance of grain crops to root rot]. Leningrad: Izd.-vo VIR. 59 [in Russian].
  14. Pyzhikova G.V., Sanina A.A., Suprun L.M., Kurahtanova T.I., Gogavaya T.I., Meparishvili S.U., Antsiferova L.V., Kuznetsov N.S., Kuzmichev A.A. (1989). Metody otsenki ustoychivosti selektsionnogo materiala i sortov pshenytsi k septoriozu [Methods to assess the resistance of breeding material and wheat varieties to septoriosi]. 43 [in Russian].
  15. Krivchenko V.I., Myagkova D.V., Zhukova A.E., Hohlova A.P. (1987). Izuchenie golovnevoustoychivosti zernovykh kolosovykh kultur [Study of the main stability of cereals]. *Metodicheskie ukazaniya*. Leningrad. 110 [in Russian].
  16. Babayants L.T., Meshterkhazy A., Vekhter F. (1988). Metody seleksii i otsenki ustoychivosti pshenytsy i yachmenya k boleznyam v stranakh-chlenakh SEV [Methods for breeding and assessing the resistance of wheat and barley to diseases in the CMEA member countries]. Praha, 321 [in Russian].
  17. Trybel S.O., Hetman M.V., Stryhun O.O. et al. (2010). Metodolohiia otsiniuvannia stiikosti sortiv pshenytsi proty shkidnykiv i zbudnykiv khvorob [Methodology of evaluation of wheat varieties resistance against pests and pathogens of diseases]. (Trybel S.O. (red.). Kyiv: Kolobih, 392 [in Ukrainian].
  18. Trybel S.O., Siharova D.D., Sekun M.P., Ivashchenko O.O. (2001). Metodyky vyprobuвання i zastosuvannya pestytsydiv [Methods of testing and application of pesticides]. (Trybel S.O. (red.). Kyiv: Svit, 48. [in Ukrainian].

Мурашко Л.А., Муха Т.І., Гуменюк О.В., Новицька Н.В., Мартинов О.М. Оцінка стійкості сортів пшениці озимої селекцентрів України проти хвороб на штучних інфекційних фонах їх збудників

**Мета досліджень** – вивчити стійкість сортів пшениці озимої різних селекцентрів України проти хвороб на штучних інфекційних фонах їх збудників. **Методи.** Дослідження проводили в 2016–2020 рр. в умовах штучної інокуляції збудниками хвороб у польових інфекційних розсадниках відділу захисту рослин Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН (с. Центральне, Обухівський район, Київська область) у північній частині Правобережного Лісостепу. Оцінку стійкості рослин озимої пшениці проти збудників хвороб проводили в динаміці (для вивчення наростання хвороби), основною вважали оцінку в період максимального розвитку хвороб. Для борошнистої роси, септоріозу – фаза цвітіння озимої пшениці, фузаріозу, бурої іржі – фаза молочної стиглості, твердої сажки – фаза молочно-воскової стиглості, церкоспорельозу – фаза воскової стиглості. **Результати.** Сортозразки пшениці Запорука, Княжна Ольга, Задумка одеська, Либідь, Красень, Ольжанка та Лимарівна проявили стійкість проти кореневих гнилей (ураження 5,2–10,7%) у разі ураження сприятливого сорту MV-EMESE – 34,7%. Серед сортів пшениці озимої різних селекцентрів України імунних не виявлено, проте вдалося виокремити високостійкі сорти: Зорепад, Лановий, Благо, Віта, Герта, Кармен, ураження збудником яких було в межах від 1,0 до 3,0%. За стійкістю проти борошнистої роси серед сортів різних селекцентрів України виділились Ластівка одеська, Журавка, Ясочка, Щедра нива, Лісова пісня, Перлина Лісостепу, Солоха, Волошкова; проти бурої іржі – Задумка одеська, Голубка одеська, Борвій, Куяльник, Чародійка білоцерківська, Відрадна та ін.; проти септоріозу листя стійких виокремили 9 сортів – Спасівка, Дарунок Поділля, Почаївська, Пилипівка. **Висновки.** Групову стійкість проти основних збудників хвороб серед 164 сортів з різних селекцентрів України за стійкістю проти основних збудників хвороб виокремили сорти: Славна, Селянка, Журавка, Перлина Лісостепу, Спасівка, Почаївка, Солоха, Леля, Пам'яті Гірка.

**Ключові слова:** пшениця озима, сорт, штучний інфекційний фон, тверда сажка, фузаріоз колосу, кореневі гнілі, борошниста роса, бура іржа, септоріоз листя, групова стійкість.

Murashko L.A., Mukha T.I., Gymenyk O.V., Novytska N.V., Martynov O.M. Estimation of resistance of winter wheat varieties of Ukrainian breeding centers against diseases on piecemeal infectious backgrounds of their progenitors

**Purpose** – to investigate the resistance of winter wheat varieties of different breeding centers of Ukraine against various infectious diseases in individual infectious backgrounds of their originators. **Methods.** The research was carried out in 2016–2020 under conditions of piecemeal inoculation by pathogens of diseases in Polish infectious plantations of the Plant Protection Department of the Myroniv Institute of Wheat named after V.M. Remesla NAAS (Tsentrálne village, Obukhivsky district, Kyiv region) in the North part of the Right-bank Forest-Steppe. An assessment of the resistance of winter wheat plants against pathogens of diseases was carried out in dynamics (to study the growth of the disease), the main assessment was considered in the period of maximum growth of diseases. The main assessment was made during the period of maximum disease development. For dew blight, septoriosus – winter wheat blossoming phase, fusarium, brown rust – lactic stigma phase, hard smut – lactic-waxing stigma phase, cercosporulosis – waxing stigma phase. **Results.** The wheat varieties Zaporuka, Kniazhna Olga, Zadumka Odyedka, Libid, Krasniy, Olzhanka and Limarivna showed resistance to the root rot (affecting 5,2–10,7%) with the disease of MV-EMESE – 34,7%. Among winter wheat varieties of different breeders of Ukraine immune was not detected, but it was possible to identify high resistance varieties: Zorepad, Lanovyy, Blago, Vita, Herta, Karmen, zbudnik which were within the range from 1,0 to 3,0%. For resistance to boron dew among varieties of different breeding centers of Ukraine were identified Lastivka Odessa, Zhuravka, Yasochka, Schedra Niva, Lisova psnya, Perlina Lisostepu, Soloha, Voloshkova; Against brown rust – Zadumka Odessa, Golubka Odessa, Borviy, Kuyalnik, Charodiyka Bilotserkivska, Vidradna and others. Against septoriosus leaves resistant to 9 varieties – Spasivka, Darunok Podillia, Pochaivska, Pilipivka. **Findings.** Group resistance against major pathogens of diseases among 164 varieties from different breeding centers of Ukraine for resistance against major pathogens of diseases were awarded to varieties Slavna, Selyanka, Zhuravka, Perlyna Lisostepu, Spasivka, Pochaivka, Soloha, Lelya, Pamyat Hirka.

**Key words:** winter wheat, variety, infectious background, hard smut, ear fusariosis, root rot, boron dew, borax, leaf septoriosus, group resistance.

# СТОРІНКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО

УДК 628.1.033:628.161.1:504.4

DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.13.31>

## ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ СІЛЬСЬКИХ СЕЛІТЕБНИХ ТЕРИТОРІЙ В УМОВАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

**ВАЛЕРКО Р.А.** – кандидат сільськогосподарських наук

[orcid.org/0000-0003-4716-0100](https://orcid.org/0000-0003-4716-0100)

Поліський національний університет

**ГЕРАСИМЧУК Л.О.** – кандидат сільськогосподарських наук

[orcid.org/0000-0002-3166-5588](https://orcid.org/0000-0002-3166-5588)

Поліський національний університет

**БАШИНСЬКИЙ І.В.** – студент I курсу магістратури

факультету лісового господарства та екології

[orcid.org/0000-0003-1013-155X](https://orcid.org/0000-0003-1013-155X)

Поліський національний університет

**Постановка проблеми.** Відповідно до основних положень Стратегії сталого розвитку України до 2030 року забезпечення екологічної безпеки сільських селітебних територій через розвиток системи збалансованого природокористування та своєчасне запобігання негативного впливу антропогенних процесів на довкілля є необхідною умовою їх сталості [1]. Однією з основних проблем забезпечення сталого розвитку сільських населених пунктів є досягнення Глобальної Цілі № 6 «Чиста вода та належні санітарні умови», оскільки на їх територіях зазвичай відсутні системи централізованого водопостачання та водовідведення. Небезпеку такої ситуації можна розглядати із різних сторін, по-перше, досить часто питна вода, що надходить із приватних шахтних і трубчастих колодязів, саморобних каптажів і навіть природних джерел, не відповідає нормативним вимогам щодо вмісту у ній шкідливих для здоров'я речовин, а по-друге, відсутність каналізації може привести до забруднення питної води. Отже, оцінка екологічного стану сільських територій на основі показників якості питної води повинно стати пріоритетним завданням для органів міського самоврядування об'єднаних територіальних громад з метою досягнення цілей сталого розвитку.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблеми стану питного водопостачання сільських селітебних територій наразі турбують багатьох учених усього світу. Оцінка якості питної води джерел нецентралізованого водопостачання та її забруднення у межах сільських населених пунктів є актуальною для територій України [2; 3], країн Європи [4], США [5], Китаю [6] тощо. Значна кількість досліджень присвячена впливу неякісної питної води на стан здоров'я населення [7–9]. Однак наукові розробки, присвячені оцінці сталого розвитку сільських територій, спрямовані в основному на комплексне оцінювання [10], мало уваги приділено екологічній складовій частині [11]. Отже, оцінці екологічного розвитку сільських населених пунктів за показниками якості питної води присвячено, на нашу думку, недостатньо досліджень [12; 13].

**Мета статті.** Таким чином, метою дослідження була оцінка стану екологічного розвитку сільських селітебних територій Житомирського району на основі показників якості питної води для забезпечення їх сталого розвитку.

**Матеріали та методика досліджень.** Дослідження проходили в рамках науково-дослідної роботи «Еколого-соціальна оцінка стану сільських селітебних територій у контексті сталого розвитку» (№ ДР 0120U104233) на території об'єднаних територіальних громад укрупненого Житомирського району. Зразки питної води відбирали із джерел нецентралізованого водопостачання (громадських та приватних колодязів, свердловин, природних джерел) сільських населених пунктів, об'єднаних у такі міські, селищні та сільські територіальні громади: Житомирська, Любарська, Новогуївська, Пулинська, Черняхівська, Березівська, Вільшанська, Волицька, Глибочицька, Оліївська, Станишівська та Тетерівська. Аналітичні дослідження якості питної води проводили на базі вимірювальної лабораторії Поліського національного університету за показниками рН, вмісту нітратів, заліза загального та загальної твердості, які визначали за загальноприйнятими методиками. Отримані результати порівнювали зі стандартами, що діють на території України, а саме: ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до якості води, призначеної до споживання людиною» [14], який є обов'язковим до виконання, і ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості», що відображає вимоги Директиви ради ЄС № 98/83 про якість води, призначеної для споживання людиною, та носить переважно рекомендаційний характер [15].

Для розрахунку екологічного стану сільських населених пунктів було обрано методику, наведену у праці Пустовіт І.М., за якою використовували традиційну п'ятибальну шкалу та нормативи, наведені у таблиці 2 [16].

Варто зауважити, що нормативи, наведені в таблиці 2, відповідають ДСТУ 7525:2014, а тому ранжування показника загальної твердості було також здійснено на основі цього документу, у якому зазначено

Таблиця 1

Нормативи якості питної води джерел нецентралізованого водопостачання

| № з/п | Показник               | Одиниці вимірювання   | Норматив за ДСанПіН 2.2.4-171-10 [14] | Норматив за ДСТУ 7525:2014 [15] |
|-------|------------------------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| 1.    | Водневий показник (pH) | одиниці pH            | 6,5-8,5                               | 6,5-8,5                         |
| 2.    | Нітрати                | мг/дм <sup>3</sup>    | 50,0                                  | 5,0                             |
| 3.    | Залізо загальне        | мг/дм <sup>3</sup>    | 1,0                                   | відсутність                     |
| 4.    | Жорсткість загальна    | ммоль/дм <sup>3</sup> | 10,0                                  | 1,5-7,0                         |

Таблиця 2

Опорна таблиця для визначення екологічного стану сільських територій за показниками якості питної води [16]

| Показник                                    | Екологічний стан сільського населеного пункту |                    |                  |             |                |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------|------------------|-------------|----------------|
|                                             | 1<br>Дуже поганий                             | 2<br>Незадовільний | 3<br>Задовільний | 4<br>Добрий | 5<br>Відмінний |
| pH                                          | >8,5<br><6,0                                  | 6,0-8,5            | 6,0-8,0          | 6,5-8,5     | 6,5-7,0        |
| Вміст нітратів, мг/дм <sup>3</sup>          | >50,0                                         | 10,0-50,0          | 7,1-10,0         | 5,0-7,0     | <5,0           |
| Вміст заліза загального, мг/дм <sup>3</sup> | >2,0                                          | 1,0-2,0            | 0,3-1,0          | 0,2-0,3     | <0,2           |
| Твердість загальна, ммоль/дм <sup>3</sup>   | >7,0                                          | 5,1-7,0            | 3,1-5,0          | 1,5-3,0     | <1,5           |

Примітка: \* – введення даного показника запропоновано авторами дослідження.

рекомендоване значення загальної твердості як показника фізіологічної повноцінності питної води, що варіює у межах від 1,5 до 7,0 ммоль/дм<sup>3</sup>.

Графічні зображення результатів дослідження були створені за допомогою програмного забезпечення ArcGIS Pro.

**Результати досліджень.** У результаті аналітичних досліджень було виявлено, що у середньому в жодній із досліджуваних громад не було виявлено невідповідності нормативам за показником pH. Проте майже у всіх громадах, крім Любарської, Вільшанської та Волицької, спостерігаються поодинокі випадки зниження показника pH до 5,45, а на території Оліївської громади було зафіксовано підвищення показника pH до 12,5 одиниць (рис. 1).

Середній вміст нітратів у питній воді усіх досліджуваних громад перевищує норматив (50 мг/дм<sup>3</sup>) від 1,4 рази у Новогулявинській громаді до 3,5 рази у Волицькій (рис. 2).

Середній вміст заліза загального у питній воді сільських населених пунктів територіальних громад перевищував норматив, наведений у ДСанПіН, який становить 1 мг/дм<sup>3</sup>, лише у селах Любарської громади у 1,9 рази. При порівнянні із Європейським законодавством, яким визначено безпечний рівень заліза на рівні 0,2 мг/дм<sup>3</sup>, маємо перевищення середнього вмісту заліза у питній воді усіх громад, крім Вільшанської та Волицької у 1,15-2,7 рази (рис. 3).

Доведено, що середня величина показника загальної твердості у розрізі громад варіює у межах від 4,2

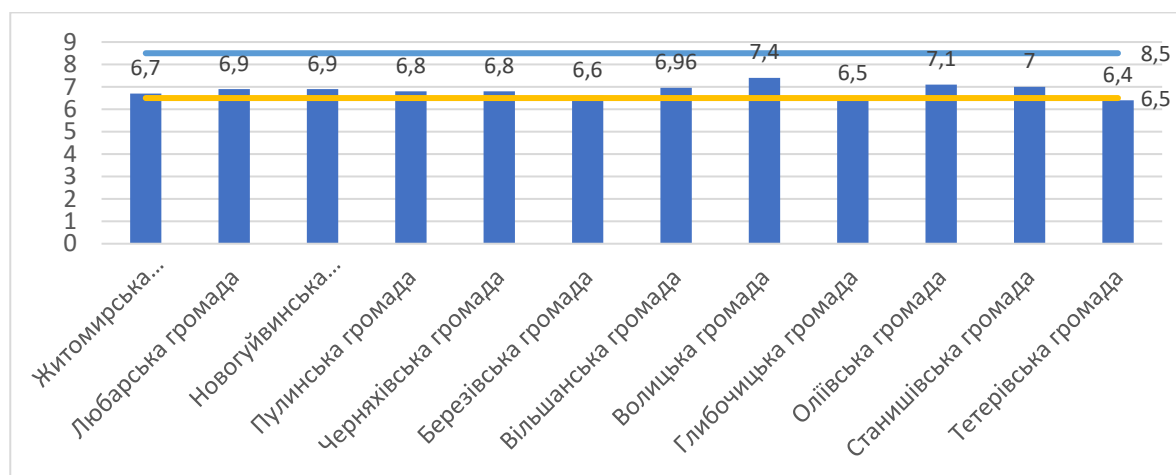


Рис. 1. Середнє значення показника pH у питній воді ОТГ



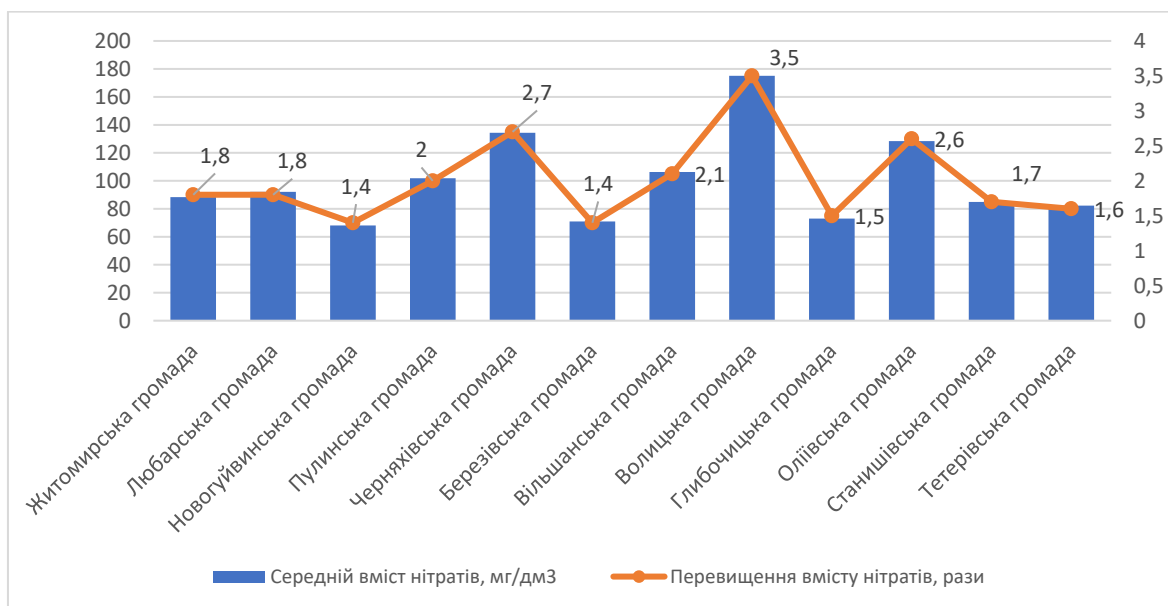


Рис. 2. Вміст нітратів у питній воді ОТГ

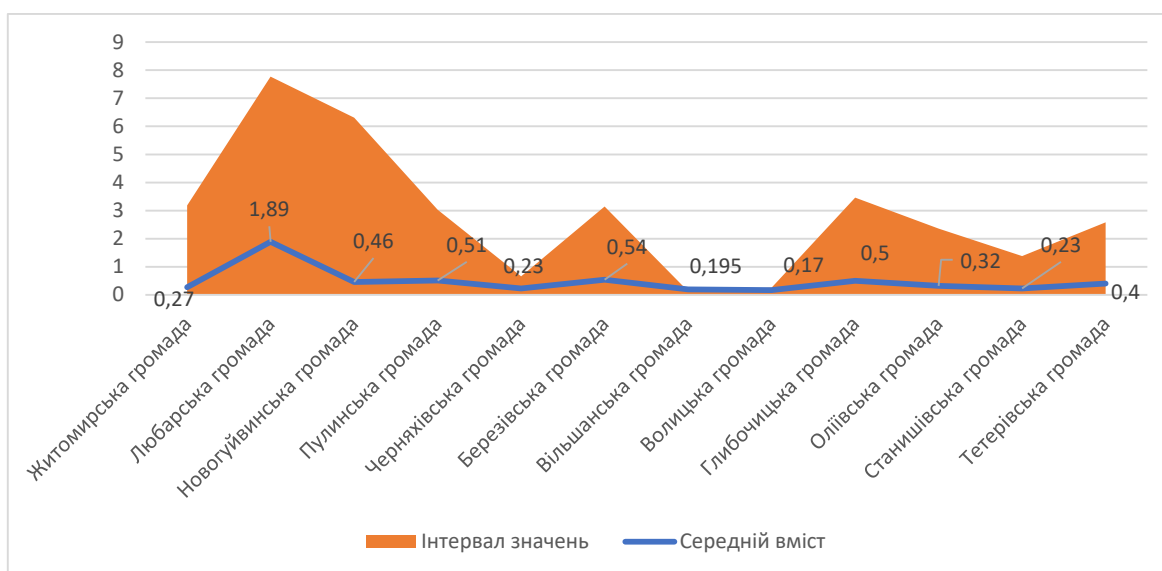


Рис. 3. Вміст заліза загального у питній воді ОТГ, мг/дм³

до 11,3 ммоль/дм³. Перевищення нормативу, зазначеного у ДСанПіН, спостерігається лише у питній воді Вільшанської громади, а якщо брати до уваги рекомендації ДСТУ 7525:2014, то вода належної якості виявлена лише у Березівській, Глибочицькій і Тетерівській громадах (рис. 4).

За показником рН у колодязній воді майже усі досліджувані громади мають відмінний екологічний стан, оскільки у 75% досліджуваних громад кількість балів за водневим показником становить 5. Оскільки середній вміст нітратів у питній воді у всіх випадках перевищував нормативний, то, відповідно, кожній громаді було присуджено лише 1 бал, що свідчить про дуже поганий екологічний стан. Середній вміст заліза загального нижче

за 0,2 мг/дм³ зафіксовано лише у воді Вільшанської та Волицької громад, що відповідає 5 балам. 4 бали присуджено Житомирській, Черняхівській та Станишівській громадам, оскільки середній вміст заліза варіював у межах від 0,2 до 0,3 мг/дм³. На території 50% громад була встановлена кількість балів 3, що відповідає задовільній якості питної води за вмістом заліза, і лише на території Любарської громади середній вміст заліза був вищим за 1,0 мг/дм³, що відповідає двом балам. Середнє значення твердості води було більшим за 7,0 ммоль/дм³ на території 70% досліджуваних громад, що відповідає одному балу. 2 бали було отримано лише Глибочицькою громадою, а 3 – Березівською та Тетерівською (табл. 3).

Отже, оцінивши екологічний стан сільських територій за показниками якості питної води, установили, що сумарна кількість балів варіювала у межах 2,25-3,3 бала. Більшість досліджуваних громад мають задовільний стан територій та потребують приділення їм уваги, а Волицька – добрий, що потребує покращення (рис. 5).

Отже, встановлено, що найбільший внесок у зниження рівня екологічного розвитку сільських населених пунктів роблять показники вмісту нітратів у питній воді та її твердості.

**Висновки.** У результаті досліджень було запропоновано увести до переліку показників якості питної води

та для розрахунку екологічного стану сільських селітебних територій її твердості, оскільки вона може суттєво впливати на якість, а ранжування показника твердості необхідно проводити відповідно до ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості», що відображає вимоги Європейської директиви. Екологічний стан територій усіх досліджуваних громад оцінено як задовільний, а на території Волицької громади встановлено добрий екологічний стан сільських населених пунктів. Найгірший екологічний стан сільських територій за якістю питної води джерел нецентралізованого водопостачання зафіксовано в Оліївській громаді.

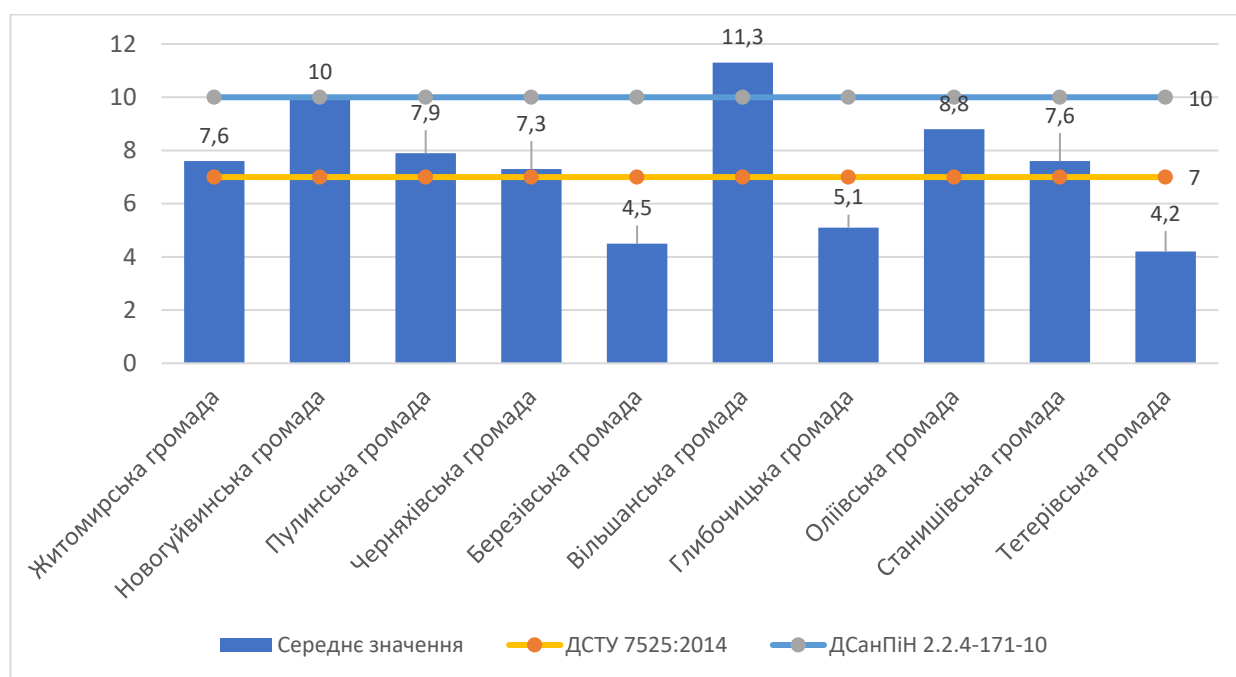


Рис. 4. Твердість загальна у питній воді ОТГ, ммоль/дм³

Таблиця 3

Кількість балів, присвоєні громадам, за показниками якості питної води

| Громада        | Кількість балів за відповідними показниками |         |        |           |                          |
|----------------|---------------------------------------------|---------|--------|-----------|--------------------------|
|                | pH                                          | нітрати | залізо | твердість | загальна кількість балів |
| Житомирська    | 5                                           | 1       | 4      | 1         | 2,75                     |
| Любарська      | 5                                           | 1       | 2      | -         | 2,7                      |
| Новогуйвинська | 5                                           | 1       | 3      | 1         | 2,5                      |
| Пулінська      | 5                                           | 1       | 3      | 1         | 2,5                      |
| Черняхівська   | 5                                           | 1       | 4      | 1         | 2,75                     |
| Березівська    | 5                                           | 1       | 3      | 3         | 3                        |
| Вільшанська    | 5                                           | 1       | 5      | 1         | 3                        |
| Волицька       | 4                                           | 1       | 5      | -         | 3,3                      |
| Глибочицька    | 5                                           | 1       | 3      | 2         | 2,75                     |
| Оліївська      | 4                                           | 1       | 3      | 1         | 2,25                     |
| Станишівська   | 5                                           | 1       | 4      | 1         | 2,75                     |
| Тетерівська    | 3                                           | 1       | 3      | 3         | 2,5                      |



Рис. 5. Екологічний стан громади за показниками якості питної води, бали

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Стратегія сталого розвитку до 2030 року. URL: [https://www1.undp.org/content/dam/ukraine/docs/SDGreports/UNDP\\_Strategy\\_v06-optimized.pdf](https://www1.undp.org/content/dam/ukraine/docs/SDGreports/UNDP_Strategy_v06-optimized.pdf).
2. Герасимчук Л.О., Валерко Р.А. Якість води джерел нецентралізованого водопостачання на території сільських населених пунктів Житомирської області. *Екологічні науки*. 2021. № 7(34). С. 145–150. doi: [org/10.32846/2306-9716/2021.eco.7-34.24](https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.7-34.24).
3. Huschuk I.V., Brezetska O.I., Huschuk V.I., Drab R.R. Monitoring and ecological-and-hygienic evaluation of the quality of drinking water from the sources of decentralized water supply in Rivne region for 2004-2015. *Environment & Health*. 2018. № 1. 41-46.
4. Zufiaurre R., Martín-Ramos P., Cuchí José Antonio. Nitrates in Groundwater of Small Shallow Aquifers in the Western Side of Hoya de Huesca (NE Spain). *Agronomy*. 2020. 10(1). 22. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy10010022>.
5. Wheeler D. C., Nolan B. T., Flory A. R., DellaValle C. T., Ward M. H. Modeling groundwater nitrate concentrations in private wells in Iowa. *The Science of the total environment*. 2015. 536. 481–488. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.080>.
6. Yu G., Wang J., Liu L. et al. The analysis of groundwater nitrate pollution and health risk assessment in rural areas of Yantai, China. *BMC Public Health*. 2020. 20. 437. URL: <https://doi.org/10.1186/s12889-020-08583-y>.
7. Lototska O.V., Prokopov V.O. Assessment of the risk of the consumption of drinking water with the increased content of nitrates for the health of the people of the Ternopil Region. *Environment & Health*. 2018. № 4. С. 20–24. URL: <https://doi.org/10.32402/dovkil2018.04.020>.
8. Moldovan A., Hoaghia M. A., Kovacs E., Mirea I. C., Keneszi M., Arghir R. A., Petculescu A., Levei E. A., Moldovan O. T. Quality and Health Risk Assessment Associated with Water Consumption – A Case Study on Karstic Springs. *Water*. 2020. 12. 3510. URL: <https://doi.org/10.3390/w12123510>.
9. Валерко Р.А., Герасимчук Л.О. Оцінка перорального надходження нітратів з питною водою для різних верств населення Житомирської області. *Довкілля та здоров'я*. 2021. № 4(101). С. 68–76. URL: <https://doi.org/10.32402/dovkil2021.04.068>.
10. Тимошенко М.М. Методичні засади оцінки сталого розвитку сільських територій: алгоритм, структурна схема та інструментарій дослідження. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2018. Вип. 21. С. 214–220.
11. Стегней М.І. Екологічні пріоритети розвитку сільських територій. *Економіка та держава*. 2015. № 1. С. 17–21.
12. Валерко Р.А., Герасимчук Л.О. Екологічна оцінка стану питної води у межах об'єднаних територіальних громад укрупненого Житомирського району. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2021. Вип. 35. С. 37–47.
13. Valerko R.A., Herasymchuk L.O. Assessment of ecological integral index of rural settlements development in the radioactively contaminated territory Based on drinking water quality indicators. Actual problems of natural sciences: modern scientific discussions : Collective monograph. Riga : Izdevniecība

"Baltija Publishing", 2020. P. 80–97. URL: <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-45-7.5>.

14. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Чинний від 2010.05.12. Київ, 2010. (Інформація та документація). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>.
15. ДСТУ 7525: 2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. Київ, 2014. 30 с. (Інформація та документація).
16. Пустовіт І.М. Методика визначення екологічно-соціальної оцінки територій сільських населених пунктів України. *Наукові доповіді НУБіП*. 2013. № 1(37). URL: [http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2013\\_1/13pim.pdf](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2013_1/13pim.pdf).

#### REFERENCES:

1. Stratehiya staloho rozvytku do 2030 roku [Sustainable Development Strategy until 2030]. Available at: [https://www1.undp.org/content/dam/ukraine/docs/SDGreports/UNDP\\_Strategy\\_v06-optimized.pdf](https://www1.undp.org/content/dam/ukraine/docs/SDGreports/UNDP_Strategy_v06-optimized.pdf).
2. Herasymchuk L. O., Valerko R. A. (2021). Yakist' vody dzherel netsentralizovanoho vodopostachannya na terytoriyi sil'skykh naselennykh punktiv Zhytomyr'skoyi oblasti [Water quality of sources of decentralized water supply on the territory of rural settlements of Zhytomyr region]. *Ekologichni nauky [Environmental sciences]*, no. 1 (34), 145-150. doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.7-34.24. [in Ukrainian].
3. Huschuk I. V., Brezetska O. I., Huschuk V. I., Drab R. R. (2018). Monitoring and ecological-and-hygienic evaluation of the quality of drinking water from the sources of decentralized water supply in Rivne region for 2004-2015. *Environment & Health*, 1, 41-46.
4. Zufiaurre R., Martín-Ramos P., Cuchí José Antonio. (2020). Nitrates in Groundwater of Small Shallow Aquifers in the Western Side of Hoya de Huesca (NE Spain). *Agronomy*, 10(1), 22. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010022>.
5. Wheeler D. C., Nolan B. T., Flory A. R., DellaValle C. T., Ward M. H. (2015). Modeling groundwater nitrate concentrations in private wells in Iowa. *The Science of the total environment*, 536, 481–488. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.080>.
6. Yu G., Wang J., Liu L. et al. (2020). The analysis of groundwater nitrate pollution and health risk assessment in rural areas of Yantai, China. *BMC Public Health*, 20, 437. <https://doi.org/10.1186/s12889-020-08583-y>.
7. Lototska O. V., Prokopov V. O. (2018). Assessment of the risk of the consumption of drinking water with the increased content of nitrates for the health of the people of the Ternopil Region. *Environment & Health*, 4, 20-24. <https://doi.org/10.32402/dovkil2018.04.020>.
8. Moldovan A., Hoaghia M. A., Kovacs E., Mirea I. C., Keneszi M., Arghir R. A., Petculescu A., Levei E. A., Moldovan O. T. (2020). Quality and Health Risk Assessment Associated with Water Consumption—A Case Study on Karstic Springs. *Water*, 12, 3510. <https://doi.org/10.3390/w12123510>.
9. Valerko R. A., Herasymchuk L. O. (2021). Otsinka peroral'nogo nadkhodzhennya nitrativ z pytnoyu vodoyu dlya riznykh verstv naselennya Zhytomyr'skoyi oblasti [Estimation of oral intake of nitrates with drinking water for different segments of the population of Zhytomyr region]. *Dovkillya ta zdorov'ya [Environment and health]*, no. 4 (101), 68-76. <https://doi.org/10.32402/dovkil2021.04.068>. [in Ukrainian].
10. Tymoshenko M. M. (2018). Metodichni zasady otsinky staloho rozvytku sil'skykh terytoriy: alhorytm, strukturna skhema ta instrumentariy doslidzhennya [Methodical bases of estimation of sustainable development of rural territories: algorithm, structural scheme and research tools]. *Hlobal'ni ta natsional'ni problemy ekonomiky [Global and national economic problems]*, 21, 214-220. [in Ukrainian].
11. Stehney M. I. (2015). Ekologichni priorytety rozvytku sil'skykh terytoriy [Ecological priorities of rural development]. *Ekonomika ta derzhava [Economy and state]*, 1, 17-21. [in Ukrainian].
12. Valerko R. A., Herasymchuk L. O. (2021). *Ekologichna otsinka stanu pytnoyi vody u mezkhakh ob'yednanykh terytorial'nykh hromad ukрупnenoho Zhytomyr'skoho rayonu* [Environmental assessment will become a water source at the boundaries of the united territorial communities of the enlarged Zhytomyr region]. *Lyudyna ta dovkillya. Problemy neoekolohiyi [Man and the environment. Problems of neoecology]*, vol. 35, 37-47. [in Ukrainian].
13. Valerko R. A., Herasymchuk L. O. (2020). Assessment of ecological integral index of rural settlements development in the radioactively contaminated territory Based on drinking water quality indicators. Actual problems of natural sciences: modern scientific discussions : Collective monograph. Riga : Izdevniecība "Baltija Publishing", 80-97. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-45-7.5>.
14. Hihiyenichni vymohy do vody pytnoyi, pryznachenoji dlya spozhyvannya lyudynoyu. DSanPiN 2.2.4-171-10. [Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption. DSanPiN 2.2.4-171-10]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>.
15. DSTU 7525: 2014. Voda pytna. Vymohy ta metody kontrolyuvannya yakosti [DSTU 7525: 2014. Drinking water. Requirements and methods of quality control]. Kyiv, 2014, 30 p. (Informatsiya ta dokumentatsiya [Information and documentation]).
16. Pustovit I. M. (2013). Metodyka vyznachennya ekolohichno-sotsial'noyi otsinky terytoriy sil'skykh naselennykh punktiv Ukrayiny [Methods of determining the ecological and social assessment of rural settlements of Ukraine]. *Naukovi dopovidi NUBiP [Scientific reports of NULES]*, 1(37). Available at: [http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2013\\_1/13pim.pdf](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2013_1/13pim.pdf). [in Ukrainian].

**Валерко Р.А., Герасимчук Л.О., Башинський І.В.**  
**Оцінка екологічного стану сільських селітебних територій в умовах сталого розвитку**

**Метою дослідження** була оцінка стану екологічного розвитку сільських селітебних територій об'єднаних територіальних громад Житомирського району на основі показників якості питної води джерел нецентралізованого водопостачання для забезпечення їх сталого розвитку.

**Методи.** Під час проведення досліджень були використані аналітичні (аналіз літератури із досліджуваних питань), польові (відбір зразків питної води із джерел нецентралізованого водопостачання), лабораторні (визначення у питній воді вмісту показника рН, нітратів,

заліза загального та твердості), статистичні (порівняння отриманих результатів із нормативами показників якості) та розрахункові (розрахунок екологічного стану сільських селітебних територій за показниками якості питної води) методи.

**Результати.** Встановлено, що середнє значення показника рН знаходилось у межах чинного нормативу, що свідчить про відмінний екологічний стан за даним показником. За середнім вмістом нітратів у питній воді, який у всіх досліджуваних громадах перевищував норматив від 1,4 до 3,5 раза, екологічний стан було оцінено лише в один бал. Перевищення чинного нормативу у 1,9 рази середньої концентрації заліза загального установлено лише у сільських населених пунктах Любарської громади. Задовільна якість води, щодо вмісту у ній заліза загального, зафіксовано на територіях 50% досліджуваних громад. На територіях 70% досліджуваних громад середнє значення твердості загальної було зафіксовано на рівні більшому за 7,0 ммоль/дм<sup>3</sup>, що свідчить, відповідно до Європейського законодавства, про поганий стан питної води.

**Висновки.** Таким чином, оцінивши екологічний стан сільських територій за показниками якості питної води, установлено, що більшість досліджуваних громад мають задовільний стан територій, оскільки сумарна кількість балів варіювала в межах 2,25-3,3 бали. А найбільший внесок у зниження рівня екологічного розвитку сільських населених пунктів роблять показники вмісту нітратів у питній воді та її твердості.

**Ключові слова:** сільські селітебні території, питна вода, показник рН, нітрати, залізо загальне, твердість, стан питної води, екологічний стан територій.

**Valerko R.A., Herasymchuk L.O., Bashyns'kyi I.V.**  
**Estimation of ecological condition of rural residential areas in the conditions of sustainable development**

**Purpose.** The aim of the study was to assess the state of ecological development of rural settlements of the united

territorial communities of Zhytomyr district on the basis of indicators of drinking water quality sources of decentralized water supply to ensure their sustainable development.

**Methods.** Analytical (analysis of literature on the studied issues), field (sampling of drinking water from sources of decentralized water supply), laboratory (determination of pH, nitrates, total iron and hardness in drinking water), statistical (comparison of the obtained results) were used during the research. with standards of quality indicators) and calculation (calculation of ecological status of rural residential areas according to indicators of drinking water quality) methods.

**Results.** It was found that the average pH value was within the current standard, which indicates an excellent ecological condition for this indicator. According to the average content of nitrates in drinking water, which in all studied communities exceeded the standard from 1.4 to 3.5 times, the ecological status was assessed only in one point. Exceeding the current standard by 1.9 times the average concentration of total iron was found only in rural settlements of the Lyubar community. Satisfactory water quality, in terms of total iron content, was recorded in 50% of the studied communities. In the territories of 70% of the studied communities, the average value of total hardness was recorded at a level of more than 7.0 mmol/dm<sup>3</sup>, which indicates, in accordance with European legislation, the poor condition of drinking water.

**Findings.** Thus, assessing the ecological condition of rural areas on the indicators of drinking water quality, it was found that most of the studied communities have a satisfactory condition of the territories, as the total number of points varied between 2.25-3.3 points. And the greatest contribution to reducing the level of ecological development of rural settlements is made by indicators of nitrate content in drinking water and its hardness.

**Key words:** rural settlements, drinking water, pH, nitrates, total iron, hardness, drinking water status, ecological status of the territory.

## ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

|                        |          |                        |          |
|------------------------|----------|------------------------|----------|
| БАГАН А.В. ....        | 7        | МАНДИЧ О.М. ....       | 58       |
| БАЗАЛІЙ Г.Г. ....      | 199      | МАРТИНОВ О.М. ....     | 53, 209  |
| БАШИНСЬКИЙ І.В. ....   | 215      | МАРЧЕНКО Т.Ю. ....     | 181, 199 |
| БОЖЕНКО А.І. ....      | 173      | МАХНОВА Л.М. ....      | 40       |
| БОРОВИК В.О. ....      | 181      | МУРАШКО Л.А. ....      | 209      |
| БУРИКІНА С.І. ....     | 12       | МУХА Т.І. ....         | 209      |
| ВАЛЕРКО Р.А. ....      | 215      | НАГОРНА С.В. ....      | 93       |
| ВЕНГЕР В.В. ....       | 24       | НЕТІС І.Т. ....        | 103      |
| ВИНОКУРОВА Н.В. ....   | 137      | НОВИЦЬКА Н.В. ....     | 53, 209  |
| ВЛАСЮК О.С. ....       | 66       | ОГУРЦОВ Ю.Є. ....      | 40       |
| ВОЖЕГОВА Р.А. ....     | 181, 190 | ОНУФРАН Л.І. ....      | 103      |
| ГАВРИЛОВ С.В. ....     | 167      | ПАРЛІКОКОШКО М.С. .... | 12       |
| ГАЛИЦЬКА М.А. ....     | 113      | ПИЛИПЕНКО В.С. ....    | 53       |
| ГАЛУЗІНА Л.І. ....     | 143      | ПИСАРЕНКО П.В. ....    | 108      |
| ГАЛЬЧЕНКО Н.М. ....    | 97, 190  | ПИСАРЕНКО П.В. ....    | 113      |
| ГАРБАР Л.А. ....       | 24       | ПІЛЯРСЬКА О.О. ....    | 190      |
| ГЕЙСУН А.А. ....       | 143      | ПШИЧЕНКО О.І. ....     | 121      |
| ГЕРАСИМЧУК Л.О. ....   | 215      | РАДЧЕНКО М.В. ....     | 121      |
| ГОНТАРУК Я.В. ....     | 149      | РЕЗНІЧЕНКО Н.Д. ....   | 97       |
| ГОРАШ О.С. ....        | 30       | РИМАР Д.Є. ....        | 126      |
| ГОСПОДАРЕНКО Г.М. .... | 35       | РУДІК О.Л. ....        | 126      |
| ГРАБОВСЬКА Т.О. ....   | 181      | САМОЙЛІК М.С. ....     | 113      |
| ГРАБОВСЬКИЙ М.Б. ....  | 181      | СЕРГЄЄВ Л.А. ....      | 126      |
| ГУМЕНЮК О.В. ....      | 209      | СИЗЕНКО О.Є. ....      | 173      |
| ГУТЯНСЬКИЙ Р.А. ....   | 40       | СОЛОХА М.О. ....       | 137      |
| ДАЦЬКО О.М. ....       | 46       | СТЕПЧЕНКО Л.М. ....    | 143      |
| ДОВБАШ Н.І. ....       | 24       | СТОЦЬКИЙ В.В. ....     | 35       |
| ДОКТОР Н.М. ....       | 53       | СУЧЕК В.М. ....        | 30       |
| ЖУПИНА А.Ю. ....       | 199      | ТЕЛЕКАЛО Н.В. ....     | 149      |
| ЗАХАРЧЕНКО Е.А. ....   | 46       | ТИЩЕНКО А.В. ....      | 190      |
| ЗЕЛЕНЯНСЬКА Н.М. ....  | 58       | ТИЩЕНКО О.Д. ....      | 190      |
| ІЛЬЧЕНКО Н.К. ....     | 40       | УСИК Л.О. ....         | 199      |
| КАЗНОВСЬКИЙ О.В. ....  | 97       | ФЕОКТИСТОВ П.О. ....   | 167      |
| КВАСНІЦЬКА Л.С. ....   | 66       | ЦЬОВА Ю.А. ....        | 113      |
| КИРИЛЮК В.П. ....      | 72       | ЧЕРНОБАБ О.В. ....     | 40       |
| КЛИМЕНКО І.В. ....     | 40       | ЧУГАК В.В. ....        | 126      |
| КОВАЛЬОВ М.М. ....     | 87       | ШАКАЛІЙ С.М. ....      | 7        |
| КОРМОШ С.М. ....       | 53       | ШЕВЧЕНКО Т.В. ....     | 108      |
| КРИЧКІВСЬКИЙ В.М. .... | 72       | ШЕЛЯКІНА Т.А. ....     | 40       |
| КУПЧУК І.М. ....       | 149      | ЩЕРБИНА З.В. ....      | 108      |
| ЛАВРИНЕНКО Ю.О. ....   | 199      | ЮРЧЕНКО С.О. ....      | 7        |
| ЛАСЛО О.О. ....        | 93       | ЯРМОЛЬСЬКА О.Є. ....   | 167      |
| ЛЕОНОВА К.П. ....      | 35       | KOVALENKO O.A. ....    | 78       |
| ЛЮБИЧ В.В. ....        | 35       | WU DAFU ....           | 155      |
| МАЛЯРЧУК А.С. ....     | 108      | ZAKHARCHENKO E.A. .... | 155      |
| МАЛЯРЧУК М.П. ....     | 97, 108  | ZHANG XINUAN ....      | 155      |



## НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ ІНСТИТУТ ЗРОШУВАНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України є провідною науково-дослідною установою Півдня України, яка працює над виконанням фундаментальних і прикладних завдань державних науково-технічних програм у галузі зрошуваного та неполивного землеробства, насінництва, рослинництва, захисту рослин, агрохімії, меліорації, механізації та економіки.



### СТВОРЮЄМО:

- кращі гібриди кукурудзи, сорти пшениці озимої, сої, помідорів, люцерни та багаторічних трав;
- новітні системи зрошуваного й неполивного землеробства відповідно до спеціалізації господарств;
- елементи раціонального природокористування, збереження родючості ґрунтів і навколишнього середовища за рахунок науково обґрунтованої структури посівних площ, системи сівозмін різної спеціалізації, ґрунтозахисних, енергозберігаючих способів обробки ґрунту для сільськогосподарських угідь.



### ПРОПОНУЄМО:

- широкий асортимент високоякісного насіння сільськогосподарських культур власної селекції та селекції провідних селекційних центрів, адаптованого до умов вирощування на зрошуваних і неполивних землях;
- агрохімічний аналіз ґрунту та технологічні аналізи зерна пшениці, рису, проса, ячменю й інших сільськогосподарських культур (вологість, засміченість, натура, вміст сирої клітковини, хлібопекарські якості борошна, склоподібність, маса 1000 насінин);
- консультації з відбору зразків ґрунту, води, сільськогосподарської продукції для аналізу;
- рекомендації з використання добрив під сільськогосподарські культури;
- консультативно-методичні послуги з питань вирощування основних сільськогосподарських культур.

*Запрошуємо всіх бажаючих до співпраці з метою створення міцного науково обґрунтованого фундаменту для розвитку систем зрошуваного й неполивного землеробства у степовій зоні України!*

ІНСТИТУТ ЗРОШУВАНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА  
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ  
73483, Україна, м. Херсон, смт Наддніпрянське  
Тел./факс: +38(0552) 361-196  
e-mail: izz.ua@ukr.net  
сайт: izznaan.com.ua  
[www.facebook.com/izz.herson](http://www.facebook.com/izz.herson)

Наукове видання

# АГРАРНІ ІННОВАЦІЇ

Випуск 13

Відповідальний секретар – Грановська Л.М.

Підписано до друку 20.06.2022 р. Формат 60×84 1/8.  
Папір офсетний. Гарнітура Arial. Цифровий друк.  
Умовно друк. арк. 26,04. Наклад 300. Зам. № 0722/268  
Віддруковано з готового оригінал-макета.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»  
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглєзі, 6/1.  
Телефон +38 (048) 709 38 69, +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.