

Землеробство та рослинництво: теорія і практика

Випуск 4 (18), 2025

Київ 2025

Ідентифікатор медіа – R30-03454. Рішення Національної ради України з питань телебачення і радіомовлення від 28.03.2024 р. №1024, протокол №12.

Журнал включено до Переліку наукових фахових видань (категорія «Б») згідно з наказом МОН України від 07.04.2022 р. № 320.

У журналі можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та ступеня доктора філософії. Галузь – «Сільськогосподарські науки» за спеціальністю 201 — Агрономія.

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради ННЦ «ІЗ НААН», протокол № 13 від 22 грудня 2025 р.

У журналі висвітлюються наукові статті з питань актуальних проблем аграрної науки.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор

КАМІНСЬКИЙ В.Ф.

д. с.-г. н., проф., акад. НААН

Заступник головного редактора

ТКАЧЕНКО М.А.

д. с.-г. н., проф., чл.-кор. НААН

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief

KAMINSKYI V.F.

Doctor of Agricultural Sciences, Prof., Acad. of NAAS

Deputy Editor-in-Chief

TKACHENKO M.A.

Doctor of Agricultural Sciences, Prof., Corresponding Member of NAAS

АДАМОВИЧ О.М., ADAMOVYCH O.,
д. с.-г. н. Doctor of Agricultural Sciences

БЕНДЕР А., BENDER A.,
д. с.-г. н. Doctor of Agricultural Sciences

ВОЛКОГОН В.В., VOLKOHON V.V.,
д. с.-г. н., проф., Doctor of Agricultural Sciences,
акад. НААН Prof., Acad. of NAAS

ГАНГУР В.В., GANGUR V.V.,
д. с.-г. н. Doctor of Agricultural Sciences

ГОЛОДНА А.В., GOLODNA A.V.,
д. с.-г. н. Doctor of Agricultural Sciences

ДЕМИДЕНКО О.В., DEMYDENKO O.V.,
д. с.-г. н. Doctor of Agricultural Sciences

ДМИТРУК Ю.М., DMYTRUK Yu.M.,
д. б. н., проф. Doctor of Biological Sciences,
Prof.

ІВАНІНА В.В., IVANINA V.V.,
д. с.-г. н. Doctor of Agricultural Sciences

КОЛЕСНИКОВ М.О., KOLESNIKOV M.O.,
к. с.-г. н. Candidate of Agricultural Sciences

КОЛОМІЄЦЬ Л.П., KOLOMIIETS L.P.,
к. с.-г. н. Candidate of Agricultural Sciences

КУЛІК М., KULIK M.,
д. ф. Doctor of Philosophical Sciences

КУРГАК В.Г., KURGAK V.H.,
д. с.-г. н., проф., Doctor of Agricultural Sciences,
чл.-кор. НААН Prof., Corresponding
Member of NAAS

ЛЕВЧЕНКО О.С., LEVCHENKO O.S.,
д. ф. Doctor of Philosophical Sciences

МАЛИНОВСЬКА І.М., MALYNOVSKA I.M.,
д. с.-г. н., чл.-кор. НААН Doctor of Agricultural Sciences,
Corresponding Member of NAAS

МОЙСІЄНКО В.В., MOISIENKO V.V.,
д. с.-г. н., проф. Doctor of Agricultural Sciences,
Prof.

ПАТИКА В.П., PATYKA V.P.,
д. б. н., проф., акад. Doctor of Biological Sciences, Prof.,
НААН Acad. of NAAS

ПТАШНИК М.М., PTASHNIK M.M.,
к. с.-г. н. Candidate of Agricultural Sciences

РАФІК Іслам, RAFIK I.,
д. ф. Doctor of Philosophical Sciences

РЯБОВОЛ Л.О., RYABOVOL L.O.,
д. с.-г. н., проф. Doctor of Agricultural Sciences,
Prof.

САРУНАЙТЕ Л., SARUNAITE L.,
д. с.-г. н. Doctor of Agricultural Sciences

СЛЮСАР І.Т., SLUSAR I.T.,
д. с.-г. н., проф., чл.-кор. НААН Doctor of Agricultural Sciences,
Prof., Corresponding Member of
NAAS

ТИМОЩУК Т.М., TYMOSHCHUK T.M.,
к. с.-г. н. Candidate of Agricultural Sciences

ФЕДОРЧУК М.І., FEDORCHUK M.I.,
д. с.-г. н., проф. Doctor of Agricultural Sciences,
Prof.

ЦИМБАЛ Я.С., TSYMBAL YA.S.,
к. с.-г. н. Candidate of Agricultural Sciences

ШЕВЧУК В., SHEVCHUK W.,
д. ф. Doctor of Philosophical Sciences

ШТАКАЛ М.І., SHTAKAL M.,
д. с.-г. н. Doctor of Agricultural Sciences

Адреса редакції:

08162, Київська обл., Фастівський р-н, с-ще Чабани, вул. Машинобудівників, 2-б

E-mail: zbirnik_iz@ukr.net, сайт: www.journal-agriplant.com

Зміст

ЗЕМЛЕРОБСТВО, МЕЛІОРАЦІЯ, ҐРУНТОЗНАВСТВО, АГРОХІМІЯ

Пташнік М.М., Заяць П.С., Ременюк Ю.О., Дикун О.В., Уста В.В. ДИНАМІКА ЗАПАСІВ ПРОДУКТИВНОЇ ВОЛОГИ В ЗЕРНОВІЙ СІВОЗМІНІ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ	5
Демиденко О.В. ПОРІВНЯЛЬНА СЕКВЕСТРАЦІЙНА ЗДАТНІСТЬ СІВОЗМІН ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ ЛІСОСТЕПУ	17
Штакал М.І., Голик Л.М., Давидюк Г.В., Левченко О.С., Штакал В.М. БАЛАНС ВУГЛЕЦЮ ЗА ВИРОЩУВАННЯ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ НА ЧОРНОЗЕМІ ТИПОВОМУ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ	28

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА МІКРОБІОЛОГІЯ, АГРОЕКОЛОГІЯ

Малиновська І.М., Тарасенко О.А. ЧИСЕЛЬНІСТЬ МЕЛАНІНСИНТЕЗУВАЛЬНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ У ЧОРНОЗЕМІ ТИПОВОМУ ЗА ВИРОЩУВАННЯ СОЇ	35
Давидюк Г.В., Шкарівська Л.І., Клименко І.І., Довбаш Н.І., Кущук М.А., Гірник В.В. ВПЛИВ РІЗНИХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА НА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ТА АГРОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ТЕМНО-СІРОГО ОПІДЗОЛЕНОГО ҐРУНТУ	43

РОСЛИННИЦТВО, КОРМОВИРОБНИЦТВО, ЛУКІВНИЦТВО

Дем'янюк О.С., Таєнчук В.В. СУЧАСНИЙ СТАН ВИРОБНИЦТВА ХМЕЛЮ В СВІТІ ТА УКРАЇНІ	50
Юла В.М., Дрозд М.О., Буслаєва Н.Г. ЗАКОНОМІРНОСТІ ВПЛИВУ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ НА УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ЯРОЇ У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ	61
Штакал М.І., Лобурець А.О. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КОРИАНДРУ ПОСІВНОГО В КОРМОВИРОБНИЦТВІ	70
Осадчук В.В., Мойсієнко В.В. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВИРОЩУВАННЯ АМАРАНТУ, КУНЖУТУ, ГАРБУЗА ГОЛОЗЕРНОГО ЯК ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР	79
Камінський В.Ф., Дворецька С.П., Каражбей Т.В. ПЕРСПЕКТИВИ ТА ЛІМІТУЮЧІ ЧИННИКИ ВИРОБНИЦТВА ГОРОХУ В УКРАЇНІ	88

СЕЛЕКЦІЯ, ГЕНЕТИКА, БІОТЕХНОЛОГІЯ, НАСІННИЦТВО

Тимощук Т.М., Грицюк Н.В., Гурманчук О.В., Власюк А.В., Власюк О.А. АДАПТИВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ І ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРТІВ ТА ГІБРИДІВ ЖИТА ОЗИМОГО В КОНТЕКСТІ СТАЛИХ АГРОТЕХНОЛОГІЙ	94
Проданик А.М., Самборська О.В. ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЯКОСТЕЙ ЗЕРНА ПРОСА ЗА ОЗНАКОЮ ПЛІВЧАСТІСТЬ	105
Прудніков В.В., Ковалишина Г.М. МОРФОЛОГІЧНА ОЦІНКА БАТЬКІВСЬКИХ КОМПОНЕНТІВ КУКУРУДЗИ (<i>Zea mays L.</i>) ЯК ІНДИКАТОР ЇХ АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ	110

АГРАРНІ ІННОВАЦІЇ

Ткаченко А.М., Derhach V.V., Buslaieva N.H., Kaminska A.I., Shcherbatiuk V.V., Vetrova N.O. THE ROLE OF LIVING LABS IN FORMING RELEVANT DATABASES FOR MODERN DECISION SUPPORT SYSTEMS IN AGROTECHNOLOGICAL DECISION-MAKING	120
---	-----

Contents

AGRICULTURE, MELIORATION, SOIL SCIENCE, AGROCHEMISTRY

- Ptashnik M.M., Zaiats P.S., Remeniuk Yu.O., Dykun O.V., Usta V.V.
DYNAMICS OF PRODUCTIVE MOISTURE RESERVES IN GRAIN CROP ROTATION UNDER
VARIOUS SOIL TILLAGE SYSTEMS IN FOREST-STEP CONDITIONS 5
- Demydenko O.V.
COMPARATIVE NORTHWARD CAPACITY OF CROP ROTATIONS IN THE CENTRAL PART
OF THE FOREST-STEPPE 17
- Shtakal M.I., Holyk L.M., Davydyuk H.V., Levchenko O.S., Shtakal V.M.
CARBON BALANCE FOR CULTIVATION OF WINTER WHEAT VARIETIES ON TYPICAL
CHERNOZEM SOIL OF THE LEFT-BANK OF FOREST-STEPPE ZONE 28

AGRICULTURAL MICROBIOLOGY, AGROECOLOGY

- Malynovska I.M., Tarasenko O.A.
POPULATION OF MELANIN-SYNTHEZING MICROORGANISMS IN TYPICAL CHERNOZEM
UNDER SOYBEAN CULTIVATION 35
- Davydiuk H.V., Shkarovskaya L.I., Klymenko I.I., Dovbash N.I., Kushchuk M.A., Hirnyk V.V.
THE IMPACT OF DIFFERENT AGRICULTURAL SYSTEMS ON THE PHYSICAL-CHEMICAL,
AND AGROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF DARK-GRAY PODZOLIC SOIL 43

PLANT PRODUCTION, FEED PRODUCTION, GRASSLAND SCIENCE

- Demyanyuk O.S., Taienchuk V.V.
CURRENT STATE OF HOP PRODUCTION IN THE WORLD AND IN UKRAINE 50
- Yula V.M., Drozd M.O., Buslayeva N.G.
REGULARITIES OF THE INFLUENCE OF AGROTECHNOLOGICAL PRACTICES ON SPRING
WHEAT YIELD AND GRAIN QUALITY IN THE RIGHT-BANK FOREST-STEPPE 61
- Shtakal M.I., Loburets A.O.
PROSPECTS OF USING CORIANDER IN FEED PRODUCTION 70
- Osadchuk V.V., Moisiienko V.V.
ECONOMIC EVALUATION OF THE CULTIVATION OF AMARANTH, SESAME, AND PUMPKIN
AS OIL CROPS 79
- Kaminskiy V.F., Dvoretzka S.P., Karazhbey T.V.
OPPORTUNITIES AND LIMITING FACTORS OF PEA PRODUCTION IN UKRAINE 88
- Tymoshchuk T.M., Hrytsiuk N. V., Gurmanchuk O. V., Vlasiuk A. V., Vlasiuk O. A.,
ADAPTIVE POTENTIAL AND PRODUCTIVITY OF WINTER RYE VARIETIES AND HYBRIDS
IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE AGRICULTURAL TECHNOLOGIES 94

PLANT BREEDING, GENETICS, BIOTECHNOLOGY, SEED PRODUCTION

- Prodanyk A.M., Samborska O.V.
IMPROVEMENT OF TECHNOLOGICAL QUALITIES OF MILLET GRAIN BY THE HULL TRAIT 105
- Prudnikov V.V., Kovalyshyna H.M.
MORPHOLOGICAL ASSESSMENT OF MAIZE (*ZEA MAYS* L.) PARENTAL COMPONENTS
AS AN INDICATOR OF THEIR ADAPTIVE POTENTIAL UNDER THE CONDITIONS
OF THE RIGHT-BANK OF THE FOREST-STEPPE 110

AGRICULTURAL INNOVATIONS

- Tkachenko A.M., Derhach V.V., Buslaieva N.H.,
Kaminska A.I., Shcherbatiuk V.V., Vetrova N.O.
THE ROLE OF LIVING LABS IN FORMING RELEVANT DATABASES FOR MODERN
DECISION SUPPORT SYSTEMS IN AGROTECHNOLOGICAL DECISION-MAKING 120

ДИНАМІКА ЗАПАСІВ ПРОДУКТИВНОЇ ВОЛОГИ В ЗЕРНОВІЙ СІВОЗМІНІ ЗА РІЗНИХ СИСТЕМ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ

М.М. Пташнік, П.С. Заяць, Ю.О. Ременюк, О.В. Дикун, В.В. Уста

ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

Мета. Дослідити особливості формування запасів продуктивної вологи та продуктивності культур зернової сівозміни залежно від систем основного обробітку ґрунту в умовах Правобережного Лісостепу України. **Методи.** Польовий, статистичний, лабораторний. **Результати.** Встановлено, що система обробітку є визначальним чинником формування водного режиму ґрунту та рівня урожайності культур сівозміни. Запаси продуктивної вологи у верхніх шарах ґрунту підвищувалися за мілкового та поверхневого дискового обробітків, тоді як у підорному 30–60 см шарі максимальні запаси спостерігали за адаптивної системи (50,3 мм) та дискового одноглибинного обробітку (50,9 мм). У розрізі культур сівозміни найвищі запаси продуктивної вологи в метровому шарі зафіксовано посівах сої за чизелювання на 40–42 см – 212,7 мм, що перевищувало показник за оранки на 12,6 мм. Найвищу урожайність зерна кукурудзи 8,89 т/га отримано за чизельного обробітку ґрунту в адаптивній системі за використання побічної продукції попередника як добриво. Ячмінь ярий, пшениця озима та овес виявилися менш вибагливими до способу обробітку ґрунту, проте щорічне поверхнєве дискування у структурі сівозміни було малоефективним. У посівах проса адаптивна система забезпечила збільшення врожайності культури порівняно з поверхневим, плоскорізним і мілким дисковим обробітками на 0,92 т/га, 0,48 та 0,58 т/га відповідно. **Висновки.** В умовах зростаючої посушливості клімату ефективність систем основного обробітку ґрунту визначається їх здатністю забезпечувати накопичення та збереження продуктивної вологи. Адаптивна система обробітку ґрунту сприяє кращому зволоженню підорних шарів і формуванню вищої врожайності культур сівозміни, тоді як поверхневий дисковий обробіток доцільно застосовувати лише епізодично у сівозміні, зокрема під менш вибагливі культури.

Ключові слова: продуктивна волога, дисковий обробіток, оранка, плоскорізний обробіток, чизельний обробіток, урожайність, зернова сівозміна.

Вступ. Створення оптимального водного режиму ґрунту для культури є однією з найважливіших проблем сучасного відновлювального землеробства. Забезпечення рослин вологою на всіх етапах їх онтогенезу відіграє ключову роль у формуванні високопродуктивних агроценозів. Особливої актуальності це питання набуває в умовах кліматичних змін, що супроводжуються збільшенням тривалості посушливих періодів, зменшенням кількості атмосферних опадів у вегетаційний період та зростанням температурного навантаження на агроecosystemу.

Наразі запаси вологи в ґрунті постають основним лімітувальним чинником формування врожаю не лише в традиційно посушливих регіонах (зонах

недостатнього чи нестійкого зволоження), але й для північної частини Правобережного Лісостепу України, яка раніше вважалася зоною сприятливого агрокліматичного потенціалу [1]. Нагромадження й ефективне використання вологи атмосферних опадів є одним з ключових чинників формування і підвищення врожайності сільськогосподарських культур, важливих неконтрольованих абіотичних чинників, що обмежує продуктивність агроценозів [2; 3].

Системи основного обробітку ґрунту істотно впливають на запаси продуктивної вологи, які істотно відрізняються залежно від типу ґрунту, особливо його гранулометричного складу і вмісту органічної речовини, а також від характеру та інтенсивності

його обробітку. Традиційний обробіток ґрунту за рахунок розпушення покращує початкову інфільтрацію, але збільшує втрати вологи через випаровування та деградацію структури ґрунту. Водночас інші ґрунтозахисні технології обробітку ґрунту (нульовий, мінімальний, смуговий, мульчувальний) зазвичай сприяють формуванню вищих запасів продуктивної вологи в ґрунті за рахунок зменшення випаровування, збільшення інфільтрації та покращення загального агрофізичного стану ґрунту [1; 3].

Мета – дослідити особливості формування запасів продуктивної вологи у ґрунтовому профілю та продуктивності культур зернової сівозміни залежно від систем обробітку ґрунту за відновлювального землеробства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Експериментальними дослідженнями доведено, що величина врожайності ранніх зернових культур на 50–60% залежить від початкових запасів продуктивної вологи в ґрунті та на 40–50% від кількості опадів впродовж вегетації. Для посівів пізніх ярих культур значення опадів протягом вегетаційного періоду збільшується до 55–70%. За цього актуальність запасів продуктивної вологи в ґрунті закономірно зростає в посушливі роки [4; 5].

В умовах Правобережного Лісостепу України поєднання біологічної системи землеробства з чизельним обробітком ґрунту сприяє оптимізації водного режиму та забезпечує формування найвищих запасів продуктивної вологи у кореневмісному шарі ґрунту [6]. Такий ефект зумовлений покращанням водопроникності, зменшенням поверхневого стоку та випаровування, а також активізацією біологічних процесів у ґрунті. Натомість за плоскорізного обробітку спостерігається певне зниження урожайності сільськогосподарських культур, що пов'язано з підвищенням рівня забур'яненості посівів і меншою інтенсивністю мінералізаційних процесів [7].

За даними В. П. Кирилук та ін. [8], істотний вплив на запаси продуктивної вологи мають системи обробітку ґрунту (>60%), тоді як мінеральні добрива – лише 24%. Зокрема, в орному 0–40 см шарі ґрунту найвищі запаси продуктивної вологи (23,9–24,2 мм) у період повних сходів культур сівозміни формувалися на фоні мінерального удобрення за чизельного, полицевого та мілкового дискового обробітку ґрунту, а найменші (22,9 мм) за плоскорізного обробітку [9].

У сучасних реаліях дедалі важливішими стають біологічні чинники. Їхню ефективність підтвердже-

но результатами досліджень із застосування побічної продукції попередників (подрібненої соломи зернових культур). Дослідженнями відмічено, що удобрення власне побічною продукцією попередника сприяє підвищенню рівня врожайності сої за полицевого обробітку на 28,9%; плоскорізного – на 29,9%, дискового – на 13,9–20,3% порівняно із варіантом без використання нетоварної частини врожаю на добриво [10].

Матеріали та методи досліджень. Дослідження виконували у стаціонарному польовому досліді відділу обробітку ґрунту і контролювання сегетальної рослинності ННЦ «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України» в північній частині Правобережного Лісостепу. Рельєф місцевості рівнинний з ледве помітним ухилом у бік Дніпра. Ґрунт – сірий лісовий крупнопилуватий легкосуглинковий із заляганням ґрунтових вод глибше 5 м, низьким вмістом гумусу в орному шарі (1,34% за Тюриним), слабокислою реакцією ґрунтового розчину, високою забезпеченістю рухомими сполуками фосфору 160–180 мг/кг і низькою калію – 80–100 мг/кг ґрунту.

Експериментальна зернова сівозміна стаціонарного дослідження має таке чергування культур по роках 2018–2024 рр.: 1. Кукурудза на зерно. 2. Ячмінь ярий. 3. Соя. 4. Пшениця озима. 5. Просо. 6. Овес. 7. Соя. Досліджувані системи обробітку ґрунту наведені в табл. 1, система удобрення в сівозміні передбачає природну її біологізацію шляхом використання всієї побічної продукції попередників – 6,5–7,0 т/га в чистому вигляді та разом із мінеральними добривами з розрахунку $N_{65}P_{60}K_{70}$ на 1 га сівозмінної площі (кукурудза на зерно – $N_{100}P_{80}K_{80}$, ячмінь ярий – $N_{50}P_{40}K_{50}$, соя – $N_{40}P_{50}K_{60}$, пшениця озима – $N_{90}P_{70}K_{80}$, просо – $N_{60}P_{60}K_{70}$, овес – $N_{70}P_{60}K_{70}$).

Висівали районовані сорти: пшениця озима – Поліська 90, соя – Арніка, ячмінь ярий – Сонцедар і гібрид кукурудзи Остер, просо – Заповітне, овес – Парламентський. Загальна площа ділянки 200 м², облікова – 120 м², повторність дослідження триразова. Дослідження здійснені за загальноприйнятими методиками, узагальненими і доповненими сучасними положеннями співробітниками відділу обробітку ґрунту і контролювання сегетальної рослинності ННЦ «ІЗ НААН» [16].

Вологість ґрунту 0–100 см шару ґрунту визначали перед сівбою культур сівозміни термостатно-ваговим методом (ДСТУ ISO 11465-2001). Показники вологості ґрунту визначали пошарово: верхній 0–10 см

Таблиця 1. Системи обробітку ґрунту по культурах сівозміни

Система обробітку ґрунту	Кукурудза на зерно	Ячмінь ярий	Соя	Пшениця озима	Просо	Овес
Різноглибинна полицева	О 28–30 см	МО 10–12 см	О 28–30 см	О 16–18 см	О 22–24 см	МО 10–12 см
Різноглибинна плоскорізна	П 28–30 см	П 10–12 см	П 28–30 см	П 16–18 см	П 22–24 см	П 10–12 см
Адаптивна із чизелюванням	Ч 43–45 см	Д 10–12 см	Ч 40–42 см	Д 10–12 см	О 22–24 см	Д 10–12 см
Дискова одноглибинна	Д 10–12 см	Д 10–12 см	Д 10–12 см	Д 10–12 см	Д 10–12 см	Д 10–12 см
Поверхнева	Д 6–8 см	Д 6–8 см	Д 6–8 см	Д 6–8 см	Д 6–8 см	Д 6–8 см

Примітка. МО(О) – мілка оранка (оранка) плугом ПЛН-3-35; П – плоскорізний обробіток плоскорізом-щільнорізом ПЩН-2,5; Ч – чизельний обробіток чизелем-глибокорозпушувачем ПЧ-2,5; Д – дискування дисковою бороною АГД-2,1.

шар ґрунту, орний 10–30 см шар ґрунту, підорний шар ґрунту – 30–60 та 60–100 см, метровий шар ґрунту – 0–100 см.

Вологість ґрунту W у відсотках вираховували за формулою:

$$W = 100 \times \frac{m_1 - m_0}{m_0 - m}, \quad (1)$$

де m_1 – маса ґрунту до висушування зі стаканчиком і кришкою, г; m_0 – маса висушеного ґрунту зі стаканчиком і кришкою, г; m – маса порожнього стаканчика із кришкою, г.

Загальні запаси продуктивної вологи в ґрунті W в мм визначали за формулою:

$$W = \frac{u \times \gamma \times h}{10}, \quad (2)$$

де u – волога абсолютно сухого ґрунту, %; γ – щільність ґрунту, г/см³; h – глибина шару ґрунту, см; 10 – коефіцієнт співвідношення для виразу кількості вологи, мм.

Система захисту посівів від шкідників, збудників хвороб і бур'янів в досліді – інтегрована з використанням сучасного комплексу пестицидів, дозволених до використання в Україні. Облік урожаю та показники його структури – проводили згідно з «Методикою державного сортопробування сільськогосподарських культур» 2001 р.).

Математико-статистичний аналіз експериментальних даних здійснювали методом дисперсійного аналізу (ANOVA) із урахуванням стандартного відхилення (S). У межах кожної системи обробітку ґрунту проводили порівняння між роками та повтореннями з використанням ANOVA із поправкою Бонферроні. Стандартні відхилення обчислювали на основі трьох повторень. Для багаторазових порівнянь

застосовували постхок-тест Тьюкі (Tukey HSD), при цьому результати вважали статистично достовірними за рівнів значущості $p < 0,05$, $p < 0,01$ та $p < 0,001$.

Результати та їх обговорення. За результатами аналізу метеорологічних даних за роки проведення досліджень відзначено стале підвищення середньомісячних температур повітря, особливо в зимові та літні періоди. Найбільші відхилення від середньобаторічних значень зафіксовано: у лютому – у 2020 р. на +4,9 °С, 2022 р. – на +4,3°С, 2024 р. – на +4,0 °С; у червні – 2019 р. на +4,1 °С, 2020 і 2024 рр. – на +2,9°С; у липні та серпні 2024 р. – на +4,1 °С порівняно із середньобаторічними показниками (рис. 1).

Середня річна сума опадів за період спостережень становила 615 мм, проте виявлено чітко виражену варіабельність кількості атмосферних опадів по роках: 2018 р. – 480 мм, 2019 р. – 375, 2020 р. – 384, 2021р. – 452, 2022 р. – 436, 2023 р. – 515 та 2024 р. – 524 мм (рис. 2). Така строкатість свідчить про нестабільність гідротермічного режиму, що істотно впливає на умови формування врожайності сільськогосподарських культур.

Зокрема, розподіл опадів упродовж 2018 р. мав виражено нерівномірний характер: більша їх частка припадала на теплий період, тоді як у зимовий відзначався дефіцит вологи. Березень характеризувався значними коливаннями кількості опадів упродовж місяця – за першу декаду випало 34 мм (переважно у вигляді мокрого снігу), а за другу – 23,3 мм, що перевищувало середньобаторічну норму на 21 і 10,3 мм відповідно. Такий рівень зволоження сприяв накопиченню продуктивної вологи в орному шарі ґрунту, що позитивно позначилося на проростанні насіння та початковому рості рослин кукурудзи. У

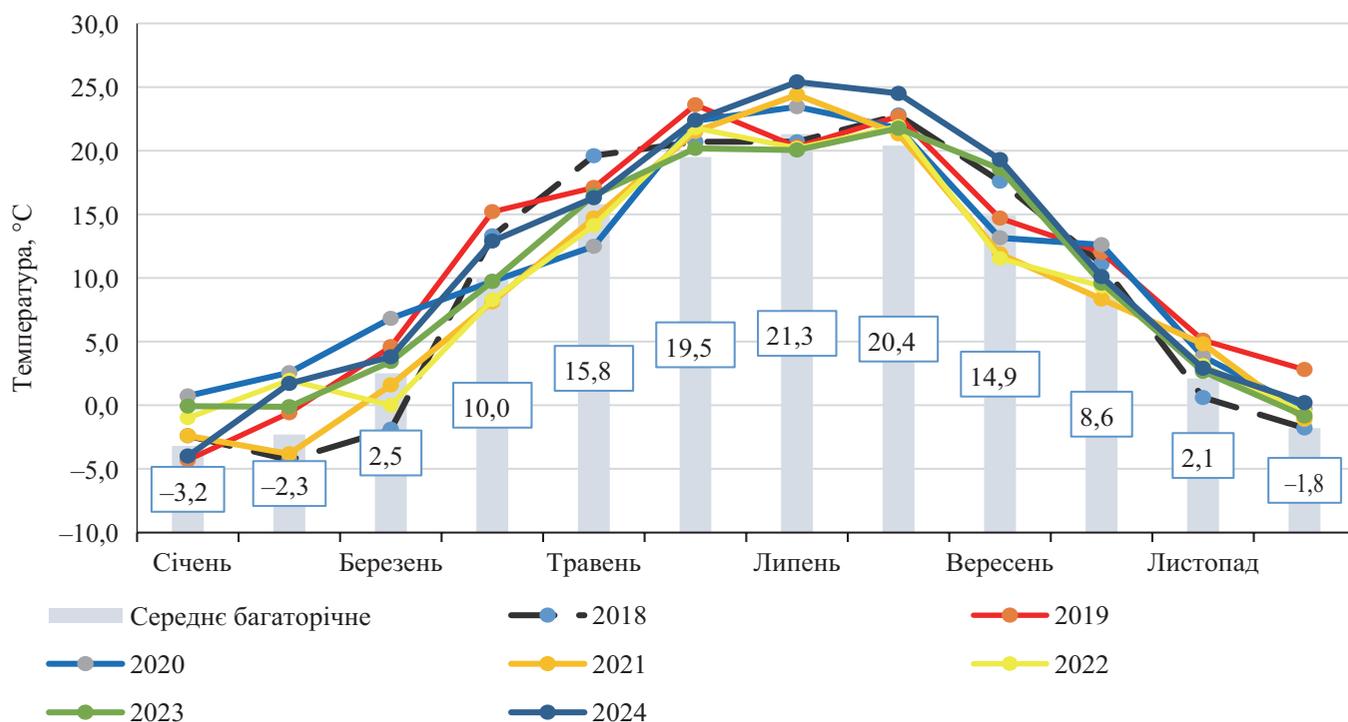


Рис. 1. Температура повітря за роками досліджень, °С

квітні випало лише 5,6 мм опадів (88% менше норми), тоді як у травні погодні умови були близькими до середньобагаторічних.

Весна 2019 р. відзначалася раннім, але нестійким переходом середньодобових температур через позначку +5 °С (8 березня), що дозволило розпочати сівбу ячменю ярого вже 21 березня. Вологозабезпечення у березні було нестабільним: у другій декаді випало 11,2 мм (86% норми), тоді як у першій і третій декадах – лише близько половини декадної норми. У квітні й травні кількість опадів становила відповідно 85 і 72% від багаторічних показників, що зумовило певний дефіцит вологи у верхніх шарах ґрунту.

У 2020 р. спостерігалася посушлива весна – кількість опадів у березні, квітні й травні становила відповідно 28%, 67 і 74% від середньобагаторічної норми. За поєднання середніх температур повітря з низькою відносною вологістю та проявами суховіїв формувалися стресові умови для проходження початкових фаз розвитку культур, що зумовило істотний дефіцит продуктивної вологи в ґрунті.

Погодні умови весни 2021 р. відзначалися підвищеним температурним режимом у березні та дефіцитом опадів (12 мм, або третина від норми). Квітень і травень були дещо прохолоднішими від середньобагаторічних значень (+8,1 і +14,7 °С), що позитивно вплинуло на розвиток пшениці озимої, подовживши фазу куцнення. Завдяки достатній кількості опадів у подальшому

ґрунт добре наситився вологою, що створило сприятливі умови для формування врожаю культури.

Весна 2022 р. вирізнялася прохолодною погодою та гострим дефіцитом атмосферних опадів. Середньомісячна температура повітря у березні–травні була нижчою від норми на 1,7–2,5 °С (від 0,0 до +14,1 °С), тоді як кількість опадів становила лише 8 мм у березні (20% норми), 25 мм у квітні (60%) і 28 мм у травні (43 %). Такі умови затримали строки сівби проса (I декада травня) та призвели до нерівномірних сходів і пригнічення початкових етапів розвитку рослин.

Весняний період 2023 р. характеризувався загалом теплою погодою: у березні та травні температура перевищувала норму на 0,9 і 0,7 °С відповідно, тоді як у квітні становила +9,7 °С – близько до середньобагаторічного показника. Розподіл опадів був нерівномірним: у березні випало 31 мм (78% норми), у квітні – 75,2 мм (майже дві місячні норми), тоді як у травні опади практично були відсутні, що призвело до швидкого висушування верхнього шару ґрунту.

Навесні 2024 р. погодні умови в березні–квітні визначалися достатнім рівнем зволоження, тоді як у травні спостерігався істотний дефіцит опадів – лише 23,7% від багаторічної норми (65 мм). Середньомісячна температура повітря у березні становила +3,4 °С, а кількість опадів – 39,3 мм, що забезпечило

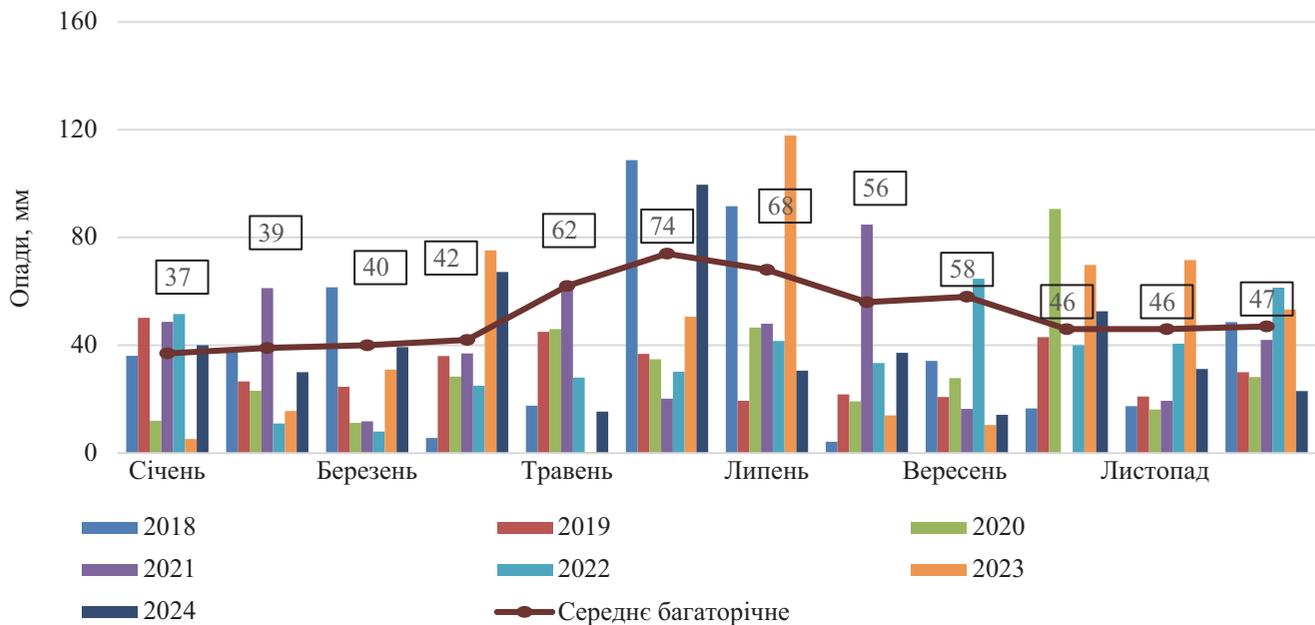


Рис. 2. Кількість атмосферних опадів у роки проведення досліджень, мм

задовільні умови вологозабезпечення на початкових етапах росту культур.

Встановлено, що у верхньому (0–10 см) шарі ґрунту в посівах кукурудзи на зерно запаси продуктивної вологи були більшими за мілкого та поверхневого дискового обробітків, відповідно 20,3 і 20,8 мм (рис. 3). Подібну закономірність спостерігали і в посівах інших культур сівозміни. Зокрема, у посівах пшениці озимої найвищі показники запасів продуктивної вологи також відмічено за мілкого (32,9 мм) і поверхневого (31,6 мм) дискового обробітків. У 2022 р. зафіксовано істотне зниження запасів продуктивної вологи у посівах проса, де за оранки вони становили 20,7 мм, а за інших систем обробітку – лише 15,2–17,5 мм. Така ситуація пояснюється гострим дефіцитом атмосферних

опадів у березні та квітні 2022 р. (8 і 25 мм відповідно), що обмежувало накопичення та збереження вологи у верхніх горизонтах ґрунту.

У середньому за 2018–2024 рр. спостерігалася тенденція до зростання запасів продуктивної вологи в 0–10 см шарі ґрунту на фоні мілкого на 10–12 см (23,6 мм) та поверхневого на 6–8 см (23,5 мм) дискового обробітків. Для порівняння, за різноглибинної полицевої оранки цей показник становив 22,2 мм, а за різноглибинного плоскорізного обробітку – найменші значення, 20,4 мм. Основними причинами кращої вологозабезпеченості посівів за дискових обробітків є зосередження маси побічної продукції у верхньому 0–10 см шарі ґрунту, зниження випаровування та більше нагромадження вологи в ґрунті в осінньо-зимовий

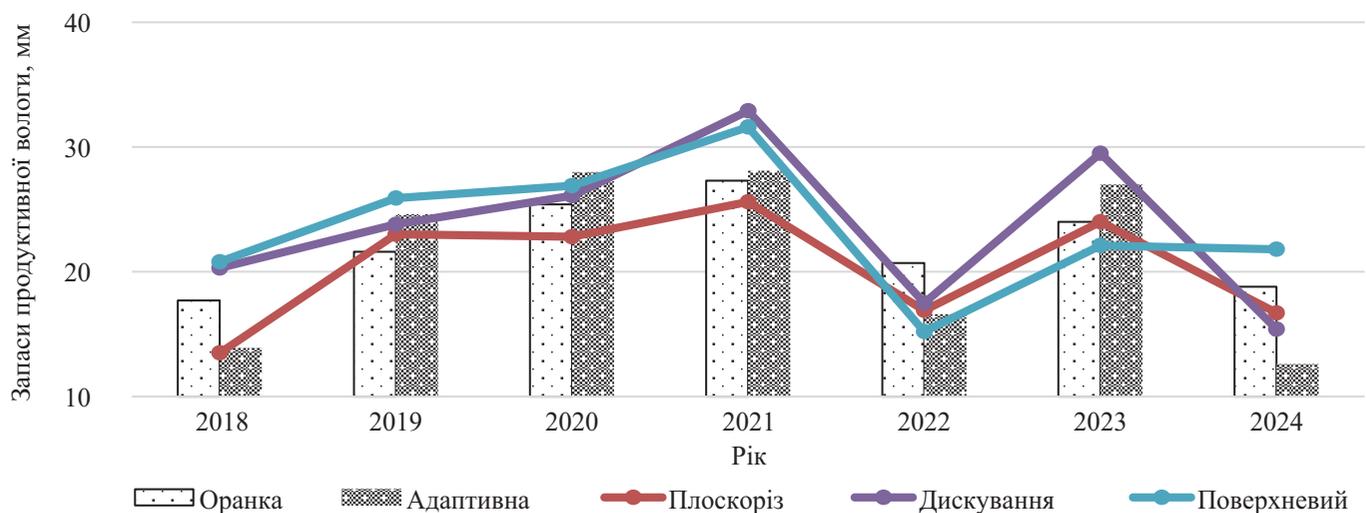


Рис. 3. Запаси продуктивної вологи в 0–10 см шарі ґрунту залежно від систем обробітку ґрунту

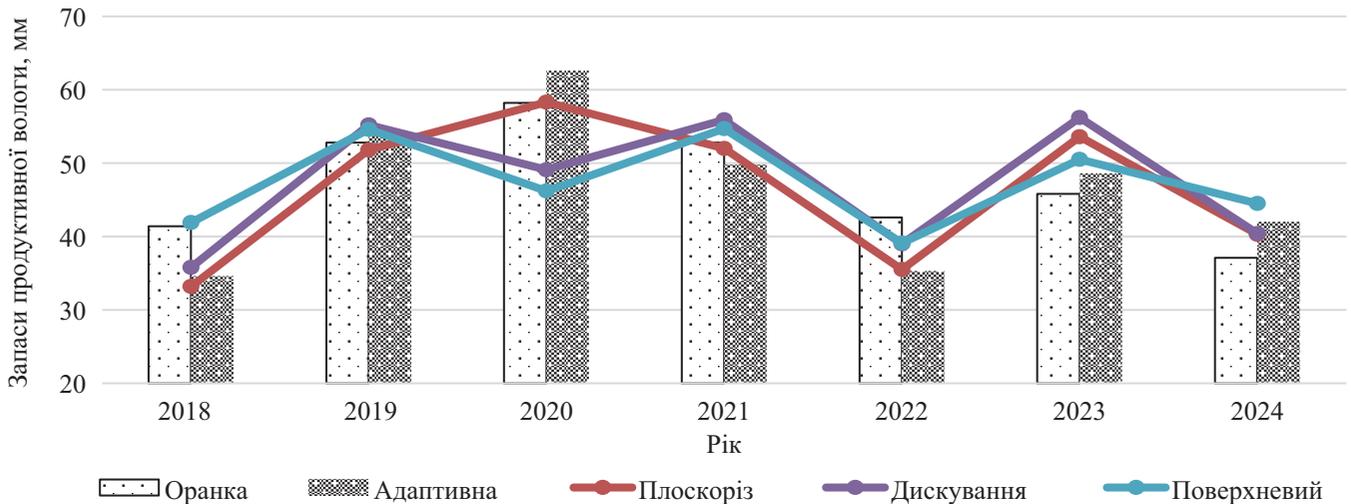


Рис. 4. Запаси продуктивної вологи в 10–30 см шарі ґрунту залежно від систем обробітку ґрунту

період, що створює сприятливі умови для росту й розвитку культур у весняно-літній період [11].

Встановлено, що у 10–30 см шарі ґрунту запаси продуктивної вологи зростали майже вдвічі порівняно з верхнім шаром, однак величина цього показника істотно залежала як від системи обробітку ґрунту, так і від гідротермічних умов року. Так, у посівах кукурудзи на зерно (2018 р.) найвищі запаси продуктивної вологи зафіксовано за оранки (41,9 мм) та поверхневого дискового обробітку (41,4 мм), тоді як за інших систем обробітку вони знижувалися до 33,2–35,8 мм (рис. 4). У посівах ячменю ярого (2019 р.), з огляду на його ранні строки сівби та ефективніше використання зимово-весняних запасів вологи, запаси продуктивної вологи зростали до 51,8–54,6 мм, при цьому істотної залежності від системи обробітку ґрунту не виявлено.

У посівах сої (2020 р.) спостерігали підвищення запасів продуктивної вологи за оранки, плоскорізного

та чизельного обробітків – відповідно 58,2 мм, 58,3 мм і 62,6 мм. Водночас у 2024 р. максимальні запаси вологи у посівах культури сформувалися лише за чизельного (адаптивна система) обробітку – 42,0 мм. У посівах пшениці озимої та вівса (2021–2022 рр.) простежувалася тенденція до збільшення запасів продуктивної вологи за мілкого (10–12 см) та поверхневого (6–8 см) дискового обробітку ґрунту. Проте, незважаючи на позитивну динаміку вологозабезпечення, істотного впливу цих систем на формування продуктивності культур не встановлено, що свідчить про переважну роль погодних чинників у реалізації потенціалу урожайності.

У підорному (30–60 см) шарі ґрунту протягом 2018–2024 рр. найвищі запаси продуктивної вологи формувалися за адаптивної системи обробітку, що передбачала глибоке чизелювання (50,3 мм) та мілкий дисковий обробіток (50,9 мм), при цьому

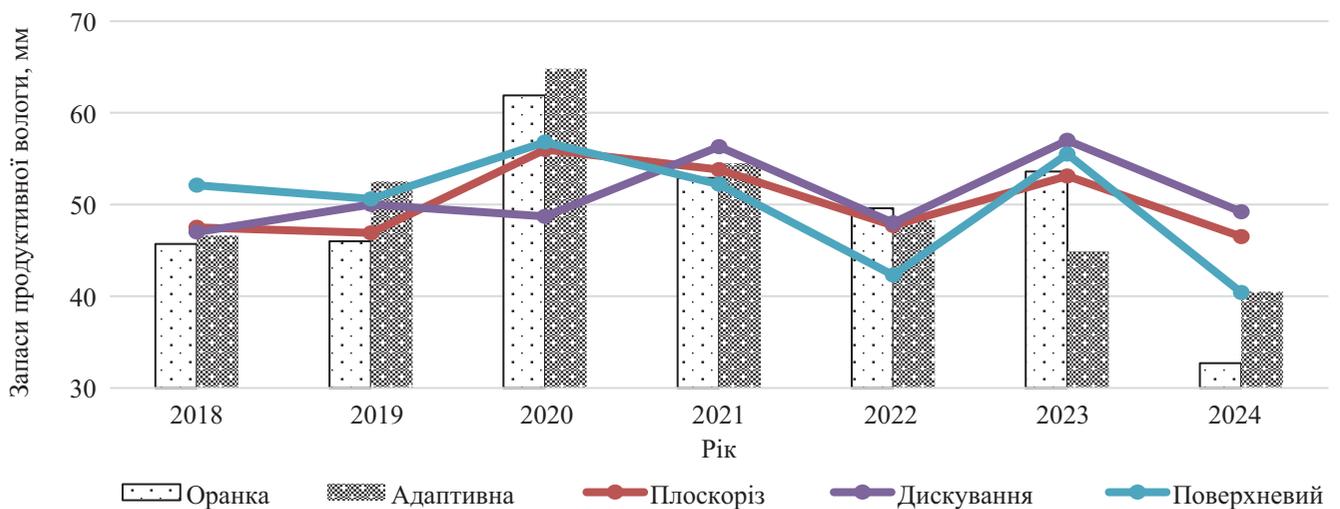


Рис. 5. Запаси продуктивної вологи в 30–60 см шарі ґрунту залежно від систем обробітку ґрунту

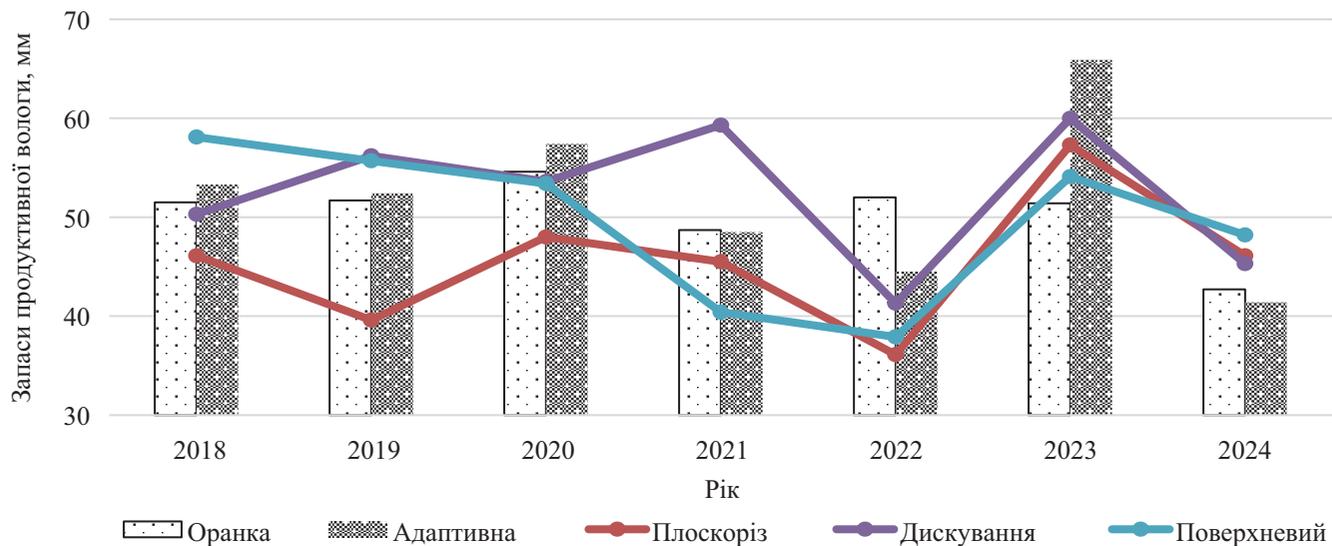


Рис. 6. Запаси продуктивної вологи в 60–100 см шарі ґрунту залежно від систем обробітку ґрунту

максимальні показники в розрізі культур сівозміни зафіксовано у посівах кукурудзи на зерно (52,1 мм), ячменю ярого й пшениці озимої (50,0–56,3 мм) за мілкого та поверхневого дискування, а також у посівах сої за чизелювання на 40–42 см – 64,8 мм, тоді як найменші запаси відмічено у посівах сої (2024 р.) спостерігались за оранки – лише 32,7 мм (рис. 5).

У 60–100 см шарі ґрунту запаси продуктивної вологи істотно залежали від рівня урожайності культур сівозміни і систем обробітку: у посівах кукурудзи на зерно вони були найвищими за поверхневого обробітку (58,1 мм) та чизелювання на 43–45 см (53,3 мм), тоді як за різноглибинної оранки становили 51,5 мм, а за плоскорізного обробітку знижувалися до 46,1 мм;

у посівах ячменю ярого та пшениці озимої найбільші запаси формувалися за дискового та поверхневого обробітків (52,4–59,3 мм), а мінімальні – за плоскорізного, де зниження досягало 12,8–16,6 мм, тоді як у посівах сої максимальні запаси відмічено за чизелювання на глибину 40–42 см – 57,4 мм (рис. 6).

У метровому шарі ґрунту запаси продуктивної вологи в посівах кукурудзи на зерно зростали за поверхневого обробітку до 172,9 мм, тоді як за оранки та плоскорізного обробітку вони зменшувалися відповідно на 16,6 і 32,6 мм (табл. 2). У посівах ячменю ярого (2019 р.) за мілкого дискового обробітку запаси продуктивної вологи становили 183,2–186,8 мм, тоді як за мілкої оранки знижувалися до 172,0 мм.

Таблиця 2. Запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту залежно від систем обробітку ґрунту

Система обробітку ґрунту	Кукурудза на зерно 2018 р.	Ячмінь 2019 р.	Соя 2020 р.	Пшениця озима 2021 р.	Просо 2022 р.	Овес 2023 р.	Соя 2024 р.	Середнє 2018–2024 рр.
Різноглибинна полицева	156,3	172,0	200,1	181,6	164,9	174,8	127,8	168,2
Різноглибинна плоскорізна	140,3	161,2	185,1	176,9	136,2	187,8	149,5	162,4
Адаптивна із чизелюванням	148,5	183,2	212,7	180,9	144,8	186,4	136,6	170,4
Дискова одноглибинна	153,4	185,3	177,4	204,4	145,8	202,7	150,2	174,2
Поверхнева	172,9	186,8	183,3	148,9	134,6	182,1	154,9	166,2
$\bar{X} \pm S\bar{x}$	154,3 ± 5,4	177,7 ± 4,9	191,7 ± 6,4	178,5 ± 8,8	145,3 ± 5,4	186,8 ± 4,6	143,8 ± 5,0	168,3 ± 2,0
$V, \%$	7,8	6,1	7,5	11,1	8,3	5,5	7,8	2,6
S	12,0	10,9	14,4	19,8	12,1	10,2	11,2	4,4

У посівах сої спостерігалася стійка тенденція до підвищення вологонакопичення за чизельного обробітку (адаптивна система), де запаси досягали 212,7 мм, що перевищувало варіант із оранкою на 12,6 мм. Водночас у 2024 р., коли у квітні випало 67,2 мм опадів, найвищі запаси продуктивної вологи фіксували за дискових обробітків – 150,2–154,9 мм, тоді як чизельний обробіток перевищував оранку лише на 8,8 мм. Найнижчі запаси продуктивної вологи спостерігали у посівах проса в умовах посушливого березня і квітня 2022 р. – в середньому 145,3 мм залежно від системи обробітку ґрунту.

Облік урожайності зерна кукурудзи показав, що найвищий її рівень – 8,89 т/га отримано за чизельного обробітку ґрунту на фоні заробляння побічної продукції попередника як добриво. За використання мілкого та поверхневого дискового обробітків урожайність зменшувалася відповідно до 7,94 і 7,22 т/га, що узгоджується з даними попередніх досліджень [12; 13] (табл. 3). Мілкий дисковий обробіток забезпечує розпушення лише верхнього посівного шару, тоді як нижчі горизонти зазнають додаткового ущільнення внаслідок проходження сільськогосподарської техніки. Це призводить до підвищення щільності та твердості ґрунту в підорних шарах, погіршення водопроникності та зменшення інфільтрації опадів у глибші горизонти, що, своєю чергою, негативно впливає на водний режим і продуктивність кукурудзи [14].

Ячмінь ярий, навпаки, позитивно реагував на локалізоване розміщення агрофізичних, агрохімічних і біологічних компонентів родючості у верхньому 0–15 см шарі ґрунту. Урожайність за мілкої оранки, плоскорізного обробітку та дискування на глибину 10–12 см була майже однаковою і становила

3,99–4,45 т/га. Винятком є поверхневе дискування на 6–8 см, за якого урожайність знижувалась до 2,53 т/га через утруднення якісної сівби дисковою сівалкою внаслідок надлишку рослинних решток у приповерхневому шарі.

За результатами ANOVA з використанням тесту Тьюкі ($p = 0,0042$) встановлено істотну різницю між мілким (4,45 т/га) та поверхневим дисковим обробітком (3,44 т/га), що становить – 1,01 т/га. Аналогічно, за мілкої оранки (4,32 т/га) різниця з поверхневим обробітком дорівнювала – 0,88 т/га ($p = 0,0106$), а між плоскорізним і поверхневим обробітками – 0,70 т/га ($p = 0,0406$). Отримані результати узгоджуються з даними попередніх досліджень [15] і підтверджують доцільність використання адаптивних систем обробітку в сівозміні за вирощування ячменю ярого.

Соя, як культура з високим потенціалом урожайності, є однією з найбільш вибагливих до родючості ґрунту та глибини проведення обробітку – незалежно від застосованої технології (чизельний, полицевий чи плоскорізний обробіток). Урожайність сої істотно не відрізнялася між більшістю систем, однак за критерієм Fisher LSD ($p = 0,0191$) встановлено значущу різницю між чизелюванням на 40–42 см і поверхневим обробітком на 6–8 см: 3,17 т/га проти 2,53 т/га відповідно. За оранки та плоскорізного обробітку на глибину 28–30 см урожайність становила 2,81 і 2,96 т/га, що свідчить про перевагу глибокого розпушення у забезпеченні оптимальних умов водно-повітряного режиму й розвитку кореневої системи сої.

Пшениця озима, залежно від системи основного обробітку ґрунту, формувала урожайність у межах 4,21–5,31 т/га. Найвищі показники забезпечило проведення мілкого дискового обробітку за адаптивної

Таблиця 3. Урожайність культур сівозміні залежно від систем обробітку ґрунту

Культура	Системи обробітку ґрунту				
	Різноглибинна полицева	Різноглибинна плоскорізна	Адаптивна із чизелюванням	Дискова одноглибинна	Поверхнева
Кукурудза на зерно	8,50 ± 0,28*	8,15 ± 0,51	8,89 ± 0,28**	7,94 ± 0,33	7,22 ± 0,09**
Ячмінь	4,32 ± 0,17*	4,14 ± 0,16*	4,45 ± 0,08**	3,99 ± 0,32	3,44 ± 0,22**
Соя	2,96 ± 0,11	2,81 ± 0,11	3,17 ± 0,28	2,67 ± 0,29	2,53 ± 0,31
Пшениця	5,05 ± 0,33	4,53 ± 0,26	5,31 ± 0,29*	4,74 ± 0,19	4,21 ± 0,37*
Просо	3,45 ± 0,04***	2,75 ± 0,09***	3,23 ± 0,08***	2,65 ± 0,18***	2,35 ± 0,10***
Овес	3,34 ± 0,14**	3,50 ± 0,10	3,91 ± 0,18**	3,56 ± 0,20	3,48 ± 0,03
Соя	3,09 ± 0,10**	2,68 ± 0,20	3,19 ± 0,12**	2,71 ± 0,23	2,31 ± 0,04**

Примітка. Порівняння проводилось за допомогою ANOVA між системами обробітку ґрунту, де дані є статистично значущими за * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

системи обробітку, що істотно перевищувало щорічний поверхневий обробіток згідно з критерієм $p = 0,0255$. Водночас істотної різниці між оранкою та дискуванням за показниками урожайності не встановлено, що свідчить про можливість ефективного використання мілкої обробітку без зниження рівня продуктивності культури.

Найбільш виражену реакцію на систему обробітку ґрунту продемонструвало просо, особливо за умов посушливого березня та квітня 2022 р. Середньоквадратичне відхилення не перевищувало 0,18 т/га, що свідчить про високу відтворюваність отриманих результатів. Урожайність за оранки істотно перевищувала показники поверхневого обробітку ($p = 0,0002$) із різницею 1,10 т/га (-31,8%), плоскорізного ($p = 0,0006$) – на 0,7 т/га (-21,7%) та дискового ($p = 0,0003$) – на 0,8 т/га (-23,2%). Аналогічно, в межах адаптивної системи оранка під культуру забезпечила перевагу над поверхневим обробітком на 0,92 т/га ($p = 0,0002$), плоскорізним – на 0,48 т/га ($p = 0,0081$) та дисковим – на 0,58 т/га ($p = 0,0023$), що підтверджує критичну роль глибини розпушення ґрунту за вирощування проса в умовах дефіциту вологи.

У посівах вівса істотна різниця врожайності відмічена між мілкою оранкою на 10–12 см та дискуванням на 10–12 см (адаптивна система обробітку) – 3,91 проти 3,34 т/га ($p = 0,0173$), тоді як в інших варіантах відмінності були статистично незначущими. Соя у 2024 р. забезпечила урожайність понад 3,0 т/га: за чизелювання – 3,19 т/га та за оранки – 3,09 т/га. Водночас достовірно нижчу врожайність отримано за поверхневого дискового обробітку: різниця між ним та оранкою становила 0,78 т/га ($p = 0,0038$), а між поверхневим і чизельним обробітком – 0,88 т/га ($p = 0,0016$), що підкреслює перевагу глибокого розпушення для формування врожаю сої.

Висновки

За умови зменшення кількості атмосферних опадів і посилення процесів посушливості, застосування

традиційного полицевого обробітку ґрунту не завжди є ефективним. Натомість диференційований за глибиною проведення згідно з біологічними вимогами культур сівозміни сприяє кращому накопиченню та проникненню вологи в глибші шари, що забезпечує оптимальний розвиток кореневої системи, поліпшує водно-повітряний режим і підвищує ефективність засвоєння елементів живлення, зокрема азоту та зольних елементів.

Розподіл продуктивної вологи в орному шарі був таким: у шарі 0–10 см – 13,1%, 10–30 см – 27,8%, 30–60 см – 29,6%, 60–100 см – 29,5%. Встановлено, що запаси вологи у верхньому шарі підвищувалися за мілкої та поверхневого дискового обробітку, тоді як у підорному шарі максимальні запаси спостерігалися за адаптивною системою обробітку (50,3 мм) та дискового одноглибинного (50,9 мм). У розрізі культур сівозміни, в метровому шарі ґрунту найбільші запаси вологи зафіксовано у посівах сої за чизелювання (адаптивна система) – 212,7 мм, що перевищувало показник оранки на 12,6 мм.

Найвищу врожайність зерна кукурудзи – 8,89 т/га отримано за чизельного обробітку ґрунту (на 43–45 см) на фоні заробляння побічної продукції попередника. Ячмінь ярий, пшениця озима та овес виявилися менш вибагливими до системи обробітку ґрунту, за винятком щорічного проведення під культури поверхневого дискового обробітку, що в сівозміні виявилось неефективним. У посівах проса адаптивна система з оранкою під культуру забезпечила вищу врожайність порівняно з іншими способами обробітку ґрунту: перевищення над поверхневим обробітком становило 0,92 т/га, плоскорізним – 0,48 т/га та мілким дисковим – 0,58 т/га.

Загалом отримані результати підтверджують доцільність застосування диференційованих систем основного обробітку ґрунту, що враховують біологічні особливості культур, умови зволоження та структуру сівозміни, з метою підвищення ефективності використання вологи й стабілізації рівня врожайності в умовах кліматичних змін.

Література

1. Demydenko O., Bulygin S., Velychko V., Kaminsky V., Tkachenko M. Soil moisture potential of agrocenoses in the Forest-Steppe of Ukraine. *Agricultural Science and Practice*. 2021. V. 8(2). P. 49–61. Doi:10.15407/agrisp8.02.049.
2. Wang X., Liu H., Sun Z., Han X. Soil moisture inversion based on multiple drought indices and RBFNN: A case study of northern Hebei Province. *Heliyon*. 2024. V. 10(17). Doi:10.1016/j.heliyon.2024.e37426.
3. Rahmati M., Amelung W., Brogi C., Dari J., Flammini A. et al. Soil Moisture Memory: State-Of-The-Art and the Way Forward. *Reviews of Geophysics*. 2024. V. 62(2). Doi:10.1029/2023RG000828.

4. Шевченко М.С., Десятник Л.М., Швець Н.В., Шевченко С.М. Методика визначення вологості ґрунту: класичні помилки і об'єктивні фізичні параметри. *Зернові культури*. 2018. Вип. 2(2). С. 309–313.
5. Примак І.Д., Єрмолаєв М.М., Панченко О.Б., Ображій С.В., Войтовик М.В., Присяжнюк Н.М., Панченко І.А., Філіпова Л.М. Зміна запасів продуктивної ґрунтової вологи під агрофітоценозами залежно від систем основного обробітку в короткоротаційній сівозміні. *Зб. наук. праць «Агробіологія»*. 2021. Вип. 1. С. 131–144. doi:10.33245/2310-9270-2021-163-1-131-144.
6. Танчик С.П., Дудка О.А., Павлов О.С., Бабенко А.І. Вплив систем землеробства та обробітку ґрунту на запаси доступної вологи чорнозему типового за вирощування пшениці ярої. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2021. Вип. 12. № 3. С. 38–47. Doi:10.31548/agr2021.03.038.
7. Єщенко В.О., Коваль Г.В., Калієвський М.В. Причини зниження урожайності польових культур на фоні плоскорізного основного обробітку ґрунту. *Збірник наукових праць «Агробіологія»*, 2021. № 1. С. 49–58.
8. Кирилюк В.П., Тимошук Т., Котельницька Г.М., Барладюга В. П., Долід Д. Є. Запаси продуктивної вологи та урожайність культур сівозміни залежно від систем основного обробітку ґрунту та удобрення. *Наукові горизонти*. 2020. № 7(92). С. 141–148. doi:10.33249/2663-2144-2020-92-7-141-148.
9. Tymoshchuk T., Kyrylyuk V., Kolesnikov M., Moisiienko V., Plotnytska N. Regulation of soybean water regime under tillage and fertilization for sustainable agriculture. *Scientific Horizons*. 2025. V. 28(1). P. 50–60.
10. Пташнік М.М., Заяць П.С., Ременюк Ю.О., Цимбал Я.С., Уста В.В. Особливості формування врожайності та продуктивності культур короткоротаційної зернової сівозміни за відновлюваного землеробства. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2025. Вип. 1(15). С. 15–23.
11. Циліорик О.І., Судак В.М., Шапка В.П. Продуктивність короткоротаційної сівозміни залежно від системи обробітку ґрунту на фоні суцільного мульчування післяжнивними рештками. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України*. 2015. № 8. С. 66–73.
12. Лень О.І., Тоцький В.М., Гангур В.В., Єремко Л.С. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи. *Вісник ПДАА*. 2021. № 2. С.52–58. Doi:10.31210/visnyk2021.02.06.
13. Дацьк О.М., Захарченко Е.А. Особливості впливу основного обробітку ґрунту при вирощуванні кукурудзи. *Аграрні інновації*. 2022. № 13. С. 46–52. Doi:10.32848/agraar.innov.2022.13.7.
14. Шевченко М.В., Круглов О.В., Коляда В.П., Доля С.М., Журавель О.М. Просторовий розподіл ґрунтової вологи навесні в схиловому агроландшафті. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2024. Вип. 96. С. 4–11. <https://doi.org/10.31073/acss96-01>.
15. Гангур В.В., Лень О.І., Гангур М.В. Вплив мінімалізації обробітку ґрунту на вологозабезпечення та продуктивність ячменю ярого в зоні Лівобережного Лісостепу України. *Вісник ПДАА*. 2021. № 1. С. 128–134. Doi.org/10.31210/visnyk2021.01.15.
16. Методика польових досліджень з обробітку ґрунту. / Малієнко А. М., Коломієць М. В., Брухаль Ф. Й., Пташнік М. М., Красюк Л. М., Заяць П. С. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 84 с.

REFERENCES

1. Demydenko O., Bulygin S., Velychko V., Kaminsky V., Tkachenko M. (2021). Soil moisture potential of agrocenoses in the Forest-Steppe of Ukraine. *Agricultural Science and Practice*, 8(2), 49–61. Doi:10.15407/agrisp8.02.049 [in English].
2. Wang X., Liu H., Sun Z., Han X. (2024). Soil moisture inversion based on multiple drought indices and RBFNN: A case study of northern Hebei Province. *Heliyon*, 10(17). Doi:10.1016/j.heliyon.2024.e37426 [in English].
3. Rahmati M., Amelung W., Brogi C., Dari J., Flammini A. et. al. (2024). Soil Moisture Memory: State-Of-The-Art and the Way Forward. *Reviews of Geophysics*, 62(2). Doi:10.1029/2023RG000828 [in English].
4. Shevchenko M.S., Desyatnyk L.M., Shvets N.V., Shevchenko S.M. (2018) Metodyka vyznachennia volohosti gruntu: klasychni pomylyky i obiektyvni fizychni parametry [Methodology for determination of soil moisture: classical errors and objective physical parameters]. *Grain Crops*, 2(2), 309–313 [in Ukrainian].
5. Prymak I.D., Jermolajev M.M., Panchenko O.B., Obrazhij S.V., Vojtovyk M.V., Prysyzhnyuk N.M., Panchenko I.A., Filipova L.M. (2021). Zmina zapasiv produktyvnoi' g'runtovoi' vology pid

- agrofitocenozy zalezhno vid system osnovnogo obrobittku v korotkorotacijnij sivozmini [Change of the productive soil moisture amount under different agrophytocenoses in accordance with the used tillage system in short-term crop rotation]. *Agrobiologija*, 1, 131–144.
6. Tanchyk S., Dudka O., Pavlov O., Babenko A. (2021). Influence of farming systems and soil tillage on available moisture stocks of typical black soil in spring wheat crops. *Plant and soil science*, 12(3), 38–47. Doi:10.31548/agr2021.03.038.
 7. Yeshchenko V., Koval G., Kalievsky M. (2021). Prychyny znyzhennja urozhajnosti pol'ovyh kul'tur na foni ploskoriznogo osnovnogo obrobittku g'runtu. [The reasons for the decrease in the field crops yield against the background of flat-cut basic tillage]. *Agrobiologija*, 1, 49–58 [in Ukrainian].
 8. Kyryliuk V., Tymoshchuk T., Kotelnyska H., Barladiuha V., Dolid D. (2020). Supplies of productive moisture and yielding capacity of crops rotation depending on the systems of basic tillage and fertilizing. *Scientific Horizons*, 07(92), 141–148. doi:10.33249/2663-2144-2020-92-7-141-148 [in Ukrainian].
 9. Tymoshchuk T., Kyrylyuk V., Kolesnikov M., Moisiienko V., Plotnytska N. (2025). Regulation of soybean water regime under tillage and fertilization for sustainable agriculture. *Scientific Horizons*, 28(1), 50–60. Doi:10.48077/scihor1.2025.50 [in English].
 10. Ptashnik M., Zaiats P., Remeniuk Y., Tsymbal Y., Usta V. (2025). Osoblyvosti formuvannia vrozhaivosti ta produktyvnosti kultur korotkorotatsiinoi zernovoi sivozminy za vidnovliuvanoho zemlerobstva [Features of formation of yield and productivity of short-rotation grain crop rotation crops in renewable agriculture]. *Agriculture and Plant Sciences: Theory and Practice*, 1, 15–23. Doi:10.54651/agri.2025.01.02 [in Ukrainian].
 11. Tsyliuryk O.I., Sudak V.M., Shapka V.P. (2015). Produktyvnist korotkorotatsiinoi sivozminy zalezhno vid systemy obrobittku gruntu na foni sutsilnoho mulchuvannia pisliazhnyvnymy reshtkamy [Productivity of short crop rotation depending on the system of tillage against the background of continuous mulching with post-harvest residues]. *Bulletin of the Institute of Steppe Zone Agriculture of NAAS of Ukraine*, 8, 66–73 [in Ukrainian].
 12. Len O.I., Totskyi V.M., Hanhur V.V., Yermenko L.S. (2021). Vplyv systemy udobrennia ta osnovnogo obrobittku gruntu na produktyvnist hibrydiv kukurudzy [The effect of fertilization system and primary soil tillage on the productivity of corn hybrids]. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 52–58. Doi:10.31210/visnyk2021.02.06 [in Ukrainian].
 13. Datsko O.M., & Zakharchenko E.A. (2022). Osoblyvosti vplyvu osnovnogo obrobittku gruntu pry vyroshchuvanni kukurudzy [The characteristics of tillage methods under maize cultivation]. *Agrarian innovations*, 13, 46–52. Doi:10.32848/agrar.innov.2022.13.7 [in Ukrainian].
 14. Shevchenko M.V., Kruglov O.V., Kolyada V.P., Dolya S.M., Zhuravel O.M. (2024). Spatial distribution of soil moisture in spring in a slope agro-landscape. *AgroChemistry and Soil Science*, 96, 4–11. doi:10.31073/acss96-01 [in Ukrainian].
 15. Hanhur V.V., Len O.I., Hanhur N.V. (2021). Vplyv minimalizatsii obrobittku gruntu na volohozabezpechennia ta produktyvnist yachmeniu yarohe v zoni Livoberezhnogo Lisostepu Ukrainy [Effect of minimizing soil tillage on moisture supply and spring barley productivity in the zone of the left-bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Scientific Progress & Innovations*, (1), 128–134. doi.org/10.31210/visnyk2021.01.15 [in Ukrainian].
 16. Metodyka polovykh doslidzhen z obrobittku hruntu. (2020). [Methods of field research on soil cultivation]. Maliienko A.M., Kolomiets M.V., Brukhal F.Y., Ptashnik M.M., Krasiuk L.M., Zaiats P.S. Vinnytsia: TOV «Tvory», 84 [in Ukrainian].

Ptashnik M.M., Zaiats P.S., Remeniuk Yu.O., Dykun O.V., Usta V.V.

Dynamics of productive moisture reserves in grain crop rotation under various soil tillage systems in Forest-Step conditions

Aim. To investigate the features of the formation of productive moisture reserves and productivity of grain crop rotation crops depending on the main tillage systems in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

Methods. Field, statistical, laboratory. **Results.** It was established that the tillage system is a determining factor in the formation of the soil water regime and the level of crop yield of crop rotation crops. The highest corn grain yield of 8.89 t/ha was obtained with chisel tillage in an adaptive system using the by-products of the predecessor as fertilizer and applying integrated crop protection. Spring barley, winter wheat and oats were less demanding on the method of tillage, but annual surface disking in the crop rotation structure was ineffective. In millet crops,

the adaptive system with plowing at 22–24 cm provided an increase in crop yield compared to surface, flat-cut and shallow disk cultivation by 0.92 t/ha, 0.48 and 0.58 t/ha, respectively. The reserves of productive moisture in the upper (0–10 and 10–30 cm) soil layers increased under shallow and surface disk cultivation, while in the subsoil layer (30–60 cm) the maximum reserves were observed under the adaptive system (50.3 mm) and disk single-depth cultivation (50.9 mm) in crop rotation. In deep layers (60–100 cm) the distribution of moisture was determined by the crop and its productivity. In terms of crop rotation crops, the highest reserves of productive moisture in the meter layer were recorded in soybean crops with chiseling at 40–42 cm – 212.7 mm, which exceeded the indicator for plowing (control) by 12.6 mm. **Conclusions.** In conditions of increasing aridity of the climate, the effectiveness of basic tillage systems is determined by their ability to ensure the accumulation and preservation of productive moisture. An adaptive tillage system contributes to better moistening of subsoil layers and the formation of higher yields of crop rotation crops, while surface disk tillage should be used only occasionally in crop rotation, in particular for less demanding crops.

Key words: productive moisture, disk tillage, plowing, flat-cut tillage, chisel tillage, yield, grain crop rotation.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Пташнік М.М., кандидат сільськогосподарських наук, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», e-mail: obrobitok@ukr.net, ORCID : 0000-0001-8002-7139.

Заяць П.С., кандидат сільськогосподарських наук, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», e-mail: zayats1986z@gmail.com, ORCID : 0000-0002-2655-105X.

Ременюк Ю.О., кандидат сільськогосподарських наук, Національний науковий центр «Інститут землеробства

НААН», e-mail: obrobitok@ukr.net, ORCID : 0009-0006-4609-0277.

Дикун О.В., науковий співробітник, Національний науковий центр «Інститут землеробства Національної академії аграрних наук України», e-mail: Allasaker823@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8378-8646.

Уста В.В., аспірант, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», e-mail: obrobitok@ukr.net, ORCID : 0009-0007-4167-9493.

Ptashnik M.M., Candidate of Agricultural Sciences, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences», e-mail: obrobitok@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8002-7139.

Zaiats P.S., Candidate of Agricultural Sciences, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences», e-mail: zayats1986z@gmail.com, ORCID : 0000-0002-2655-105X.

Remeniuk Yu.O., Candidate of Agricultural Sciences, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the

National Academy of Sciences», e-mail: obrobitok@ukr.net, ORCID : 0009-0006-4609-0277.

Dykun O.V., researcher, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine», e-mail: Allasaker823@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8378-8646.

Usta V.V., graduate student, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences», e-mail: obrobitok@ukr.net, ORCID : 0009-0007-4167-9493.

Надійшла 11.08.2025

ПОРІВНЯЛЬНА СЕКВЕСТРАЦІЙНА ЗДАТНІСТЬ СІВОЗМІН ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ ЛІСОСТЕПУ

О.В. Демиденко

Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція ННЦ «ІЗ НААН»
(с. Холоднлянське Смілянського р-ну Черкаської обл., Україна)

Мета. Встановити закономірність формування обсягів емісії $C-CO_2$ агрофітоценозами різноротаційних у системі «грунт – атмосфера – сільськогосподарські культури» та оцінити потенціал секвестраційної здатності агроценозів сівозмін різного типу для умов центральної частини Лісостепу України. **Методи.** Польовий, агрохімічний (відбір зразків і визначення загального гумусу), статистично-розрахунковий (для обґрунтування достовірності отриманих результатів і розробки статистичних моделей взаємозв'язків). **Результати.** За сівозмін з довгою ротацією в товщі 0–30 см за 7–10-пільних сівозмінах вміст гумусу був вищим на 0,13%, а запас гумусу – на 15,6 т/га порівняно з сівозмінами з короткою ротацією. Виявлено, що $C-CO_2$ від мінералізації незалежно від ротаційності сівозмін змінюється в межах 18–31 т/га (7–10-пільні сівозміни) та 15–32 т/га (3–5-пільні сівозміни), а загальний розмах для 3–10-пільних сівозмін становить від 15,0 т/га до 32,0 т/га. **Висновки.** У загальному ряду сівозмін за 7–10-пільних сівозмін найбільш ефективними виявилися: 5: 50% – зернові, 20% – просапні, 30% – кормові з умістом гумусу – 4,01%; далі сівозміна 9: 50% – зернові, 10% – бобові, 20% – просапні, 20% – кормові; 2: 50% – зернові, 20% – технічні, 20% – горох, 10% – кормові; №17 – 40% – зернові, 20% – бобові, 30% – технічні, 10% – кормові. У 3–5-пільних сівозмінах найбільш ефективними виявилися сівозміни: 1а, 10а, 15а, 10, 4а, де вміст гумусу становив 3,79–3,90%.

Ключові слова: мінералізація, депонування, 3–10-пільні сівозміни, гумусонакопичення, емісія, органічний вуглець, кормові одиниці, кормо-протеїнові одиниці.

Постановка проблеми. Завдання, яке стоїть перед землеробством, полягає у створенні ресурсо- та енергоекономних агротехнологій з урахуванням сезонних потоків оксиду карбону, елементів живлення, вологи та енергії в агроценозі, поліпшення якості одержуваної продукції та повнішої реалізації середовищеутворювального потенціалу сільськогосподарських культур в агроценозах сівозмін [1–3]. Нераціональне використання сільськогосподарських земельних ресурсів призводить до погіршення фізичної, агрохімічної та біологічної активності ґрунтів в агроценозах, а також до зниження їхньої родючості, зменшенням прибутків та погіршенням стану навколишнього природного середовища [4]. Тому, втрати органічного вуглецю в сільськогосподарських угіддях знижують якість ґрунту, загрожуючи продовольчій безпеці держави, з одного боку, та сприяють зміні клімату за рахунок підвищення емісії CO_2 в атмосферу, з іншого боку [5; 6].

Один із заходів зберегти та відтворити родючість ґрунтів сільськогосподарського призначення є перехід до системи ґрунтозахисного (адаптивного) обробітку в агроценозах, який, останнім часом, набуває дедалі більшої поширеності, як в Україні, так і у світі. Важливим є питання щодо властивостей адаптивного обробітку сприяти секвестрації вуглецю. Деякі дані свідчать, що різниця щодо вмісту гумусу між зораними та адаптивно обробленими ґрунтами незначні [7], що пояснюється недостатнім надходженням рослинного вуглецю в більш глибокі шари ґрунту [8–10]. Впровадження адаптивного ґрунтозахисного обробітку призводить до накопичення органічного вуглецю у поверхневих шарах ґрунту за збільшення біомаси ґрунтових мікроорганізмів [11]. У багатьох дослідженнях, які проводилися понад 5 років вміст, вміст гумусу був значно вищим у поверхневих шарах ґрунту під адаптивним обробітком, ніж під оранкою. Що стосується зростання надходження органічного вуглецю та азоту

у ґрунт, то це призводить до значного зв'язування гумусу у поверхневих шарах ґрунту [12–14; 15].

Існує багато способів позитивного впливу на родючість чорнозему, до яких входить і сівозмінна, яку можна поставити в один ряд із застосуванням добрив органічного і мінерального складу та механічним обробитком ґрунту [1–3]. Змінюючи співвідношення посівних площ різних польових культур у сівозміні, можна управляти обсягами та якістю депонованої органічної речовини [16]. Одним із прийомів зменшення емісії CO_2 з ґрунтів є посилення поглинання її агрофітоценозами. Так, розробка та впровадження сівозмін зумовлює депонування CO_2 з атмосфери. Однак розкладання рослинного опаду та поживних решток культурних рослин супроводжується як накопиченням гумусу та мікробної біомаси, так і виділенням CO_2 в атмосферу [17; 18–20]. На культури агроценозу припадає найбільша частка асимільованого діоксиду вуглецю, який після відповідної трансформації нагромаджується у ґрунтах у формах, які унеможливають його емісію у вигляді CO_2 , тобто секвеструється (sequestration). Зважаючи на вищезазначене та враховуючи важливу очищувальну функцію атмосфери агрофітоценозами їхня роль у формуванні стоку CO_2 з атмосфери з подальшою його трансформацією в ґрунті, є не до кінця вивченою [21].

Мета – встановлення закономірностей формування обсягів емісії $\text{C}-\text{CO}_2$ агрофітоценозами різноротаційних сівозмін й депонуванням діоксиду вуглецю в системі «ґрунт – атмосфера – сільськогосподарські культури» з метою оцінки потенціалу секвстраційної здатності агроценозів сівозмін різного типу для умов центральної частини Лісостепу України

Умови та методика проведення досліджень. Дослідження виконували в центральній частині Лівобережного Лісостепу України у довготерміновому стаціонарному досліді Драбівського дослідного поля Черкаської державної сільськогосподарської дослідної станції «ННЦ «ІЗ НААН». Дослід розміщено на чорноземі типовому малогумусному крупнопилувато-легкосуглинковому зі вмістом гумусу 3,8–4,2%, рухомого фосфору 120–140 мг/100 г ґрунту, рухомого калію 80–100 мг/100 г ґрунту, $\text{pH}_{\text{сол.}}$ 6,8–7,0. Системи удобрення культур передбачають такі дози добрив: пшениця озима, кукурудза, ячмінь ярий, пшениця яра, соя – $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$, горох – $\text{N}_{20}\text{P}_{40}\text{K}_{40}$, соняшник – $\text{N}_{40}\text{P}_{40}\text{K}_{40}$, буряки цукрові – $\text{N}_{100}\text{P}_{100}\text{K}_{100}$.

З 2000 по 2023 рр. як органічне добриво використовували всю побічну продукцію, а це

у середньому 7 т/га. Спосіб обробітку в сівозмінах – диференційований. Вихід структури фітомаси визначали за Ф.І.Левиним, запас азоту в структурі фітомаси за А.В. Івойловим. Для визначення змін агрохімічних, фізико-хімічних та агрофізичних показників за вивчення поживного режиму, гумусного та агрофізичного станів відбиралися змішані зразки згідно з ДСТУ 7030:2009 (ГСТУ 46.001–96). Уміст загального гумусу – за І. В. Тюриним у модифікації М. В. Сімакова (ДСТУ 4289:2004).

Розрахунок накопичення кількості оксиду карбону ($\text{C}_{\text{орг}}-\text{CO}_2$) проводили на підставі:

- врожайності культур в різноротаційних сівозмінах;
- виходу побічної продукції, поживних решток і коренів культур у сівозмінах згідно з рівняннями регресії, які наведено для низького й високого рівня врожайності, оскільки залежність кількості рослинних залишків не завжди прямолінійна від збільшення врожаю;
- розрахунку виходу сухої речовини з отриманої маси [29];
- розрахунку вмісту вуглецю в масі побічної продукції, стерні і коренях з перерахунком у оксид карбону ($\text{C}_{\text{орг}}-\text{CO}_2$) (коефіцієнт 3,7);
- розрахунку кількості гумусу ($\text{C}_{\text{г}}$), який утворився як резервуар вуглецю, залежно від рівня надходження у ґрунт соломи, побічної продукції та маси кореневої системи рослин [23]. Запропонований підхід до розрахунків щодо включення в обіг поживних решток і коренів рослин міститься в Керівних принципах МГЕЗК [24; 25].

Структуру різноротаційних сівозмін показано у табл. 1.

Непараметрична статистика — це сукупність статистичних методів, що не вимагають припущень щодо розподілу даних (наприклад, нормального розподілу. Розраховується середнє значення ($X_{\text{ср.}}$), mediana (med), Мін. – мінімальне значення; Мах – максимальне значення; $\Delta a = \text{мах} - \text{мін}$ (амплітудний розмах); $L_{0,25}$ та $L_{0,75}$ – нижній і верхній кватерлі; $\Delta n = L_{0,75} - L_{0,25}$ (кватерільний розмах) та $K_{\text{вар.}}\%$ – коефіцієнт варіації. Для розрахунку і моделювання задіяно разом 355 пар визначення щільності будови та вологості ґрунту. З подальшою статистичною обробкою даних за допомогою непараметричної статистики. Кватерілі – це значення, які ділять впорядкований ряд даних на чотири рівні частини. Нижній кватеріль ($L_{0,25}$) – це значення, нижче якого знаходиться 25% даних, а вище – 75%. Верхній кватеріль ($L_{0,75}$) – це значення, нижче якого знаходиться

75% даних, а вище – 25%. Медіана ($L_{0,50}$) – це другий квартиль, який ділить дані навпіл. Δn – квартильний нормований розмах ($\Delta n = L_{0,75} - L_{0,25}$). Відповідає 50% рівню вірогідності. $L_{0,10} - L_{0,90}$ – верхній та нижній децилі (рівень вірогідності 10%. Коефіцієнт варіації ($K_{\text{вар}}$) – відносна величина, що слугує для характеристики розсіяння ознаки. Узагальнення матеріалів і розрахунки результатів досліджень проводили за «Методом дисперсійного аналізу» і програмою «STATISTICA».

Результати та їх обговорення. Середній уміст гумусу в 0–20 см шарі ґрунту за 7–10-пільних сівозмін становив 3,87%, що вище порівняно з коротко ротаційними сівозмінами на 0,14 %. Уміст C_r за 7–10-пільних сівозмін становив 2,25%, проти умісту в короткоротаційних – 2,17% (–0,08%). Амплітудний розмах умісту гумусу в 0–20 см шарі ґрунту за 7–10-пільних сівозмін становив $\Delta_a = 0,94\%$, а $C_r - 1,29\%$, що в 1,96 раза та 4,61 раза вище порівняно з сівозмінами з короткою

Таблиця 1. Структура 3–10-пільних зерно-просапних сівозмін у багаторічному стаціонарному досліді

№ варіанта	Структура сівозміни
10-пільні сівозміни	
18*	50% зернові; 10%–бобові; 20% –просапні; 20%–кормові: без добрив
5	50% –зернові; 20% –просапні; 30 %–кормові.
17	40% – зернові; 20%– бобові; 30%–технічні (20% – соняшник, 20% – буряк); 10% – кормові
12	40%– зернові; 10%– буряки цукрові; 30%–кормові; 10%–горох
7	50% –зернових; 10%–бобові; 30%– просапні (10% – соя, 20%– буряк); 10%–кормові.
14	70% – зернові; 10%– бобові; 20%–технічні (10%–соя, 20% – буряк).
9	50% –зернові; 10%–бобові; 20% –просапні; 20%–кормові: 3 добривами
8	50%–зернові, 30%(соя–10%, соняшник–10%, буряки цукрові –10%); 20% –кормові
2*	50% –зернові; 20%– буряки цукрові; 20%–горох; 10%– кормові.
7-пільні сівозміни	
16**	56%–зернові (28%– пшениця озима); 43%–технічні (14%– буряки цукрові; 14%–соя; 14%–соняшник) 14%–однорічні трави
13**	72%–зернові (44%–кукурудза); 14%– буряки цукрові; 14%–багаторічні трави
5-пільні сівозміни	
11	60% – зернові (40% –пшениця озима); 20% – ріпак; 20% – однорічні трави
11а	40% – зернові; 40% –буряки цукрові та соя; 20 % – горох
4а	60% – зернові (40% – ярі колосові); 20% –буряк цукровий; 20% – горох
6	40 % – зернові; 40% – технічні (соя – 20%; ріпак – 20%); 20 % – горох
6а	40% – зернові; 20% – горох; 20% –буряки цукрові; 20% – кукурудза на силос
15	60% – зернові; 20% –буряки цукрові; 20% – однорічні трави.
1а	60% – зернові; 20% – горох; 20% буряки– цукрові
10а	60% – зернові; 20% –буряки цукрові; 20% – однорічні трави
15а	60% – зернові; 20% буряк– цукровий; 20% – однорічні трави
10	60 % – зернові(40% – кукурудза); 20% – горох; 20% – кормові
4-пільна сівозміна	
3	50% – зернові (25% – кукурудза); 25% –буряки цукрові; 25% – кормові
3-пільні сівозміни	
13а	66% – зернові (33% – ячмінь); 34% – соя
3а	66% – зернові (33% – ячмінь); 34% – горох
3б	66% – зернові (33% –пшениця яра); 34% – соя
16в	66% – кукурудза; 34% – соя

Таблиця 2. Нормовані параметри гумусного стану чорнозему типового в сівозмінах різного типу

Показники	Середнє	Mediana	Min	Max	Нормований розмах				Коефіцієнт, Coef. Var., %
					L _{0,25}	L _{0,75}	L _{0,10}	L _{0,90}	
					* $\Delta_a = \text{Max} - \text{Min}$		$\Delta_n = L_{0,75} - L_{0,25}$ (50%)		
0–20 см									
7–10-пільні									
Гумус, %	3,87	3,92	3,30	4,24	3,77	4,06	3,36	4,19	7,93
C _r , %	2,25	2,28	1,92	2,47	2,19	2,36	1,95	2,43	7,93
C _r , т/га	28,1	28,6	24,1	30,9	27,5	29,4	24,5	30,5	7,77
C _r -CO ₂ , т/га	104	105	89,1	114,4	101,0	108	90,6	112,7	7,77
3–5-пільні									
Гумус, %	3,73	3,70	3,52	4,00	3,61	3,85	3,53	3,94	4,07
C _r , %	2,17	2,15	2,04	2,32	2,10	2,24	2,05	2,29	4,07
C _r , т/га	26,8	26,6	25,3	28,8	25,9	27,8	25,4	28,4	4,07
C _r -CO ₂ , т/га	99,4	98,5	93,8	106,6	96,2	102,7	94,1	105,1	4,07
20–30 см									
7–10-пільні									
Гумус, %	3,67	3,57	3,21	4,17	3,48	4,01	3,25	4,14	9,02
C _r , %	2,13	2,08	1,87	2,42	2,02	2,33	1,89	2,41	9,02
C _r , т/га	26,9	26,2	23,5	30,6	25,5	29,4	23,8	30,3	9,02
C – CO ₂ , т/га	99,5	96,8	87,0	113,0	94,3	108	88,1	112	9,02
3–5-пільні									
Гумус, %	3,54	3,55	3,16	4,07	3,45	3,62	3,25	3,72	5,61
C _r , %	2,06	2,06	1,84	2,37	2,01	2,10	1,89	2,16	5,61
C _r , т/га	25,5	25,6	22,8	29,3	24,9	26,1	23,4	26,8	5,61
C _r -CO ₂ , т/га	94,5	94,7	84,3	108,6	92,0	96,6	86,7	99,2	5,61
0–30 см									
7–10-пільні									
Гумус, %	3,80	3,86	3,28	4,21	3,68	4,01	3,31	4,06	7,70
C _r , %	2,21	2,24	1,91	2,45	2,14	2,33	1,92	2,36	7,70
C _r , т/га	83,6	84,8	72,1	92,5	80,9	88,1	72,7	89,2	7,70
C _r -CO ₂ , т/га	309	313	266	342	299,2	326,1	269,2	330,1	7,70
3–5-пільні									
Гумус, %	3,67	3,66	3,47	3,99	3,57	3,73	3,54	3,79	3,35
C _r , %	2,13	2,13	2,02	2,32	2,08	2,17	2,06	2,20	3,35
C _r , т/га	79,3	79,2	75,1	86,3	77,2	80,7	76,6	81,9	3,35
C _r -CO ₂ , т/га	293	292	277	319	285,7	298,5	283,3	303,3	3,35

Примітка. НІР_{0,5} по середньому значенню: загальний гумус 0–20 см – 0,07 %; 20–30 см – 0,08 %; 0–30 см – 0,09%; C_r-CO₂; 5,0 т/га (0–20 см); 5,3 т/га (20–30 см); 9,5 т/га (0–30 см); C_r – вміст (%) та запас (т/га) органічного вуглецю гумусу; C_r-CO₂, - в перерахунку на депоноване CO₂ з повітря.

ротацією. Нормований розмах умісту загального гумусу та C_r за 7–10-пільних та 3–5-пільних сівозмін був однаковий: $\Delta_n = 0,24-0,29\%$ та $\Delta_{n(ст.)} = 0,14-0,19\%$.

Нормований розмах за 10% рівнем вірогідності у першому випадку становив $\Delta_n = 0,83\%$ та $\Delta_n = 0,48\%$, а у другому – був меншим у 2 рази. Стандартне

відхилення умісту загального гумусу та C_r за 7–10-пільних сівозмін було у 2 рази вищим порівняно з короткоротаційними сівозмінами, а $Coef_{var}$ становив за довгоротаційними сівозмінами 7,93%, а за короткоротаційними був у 1,95 рази меншим (табл. 2). Середній уміст гумусу та C_r за загальною моделлю становили 3,78% і 2,20% за амплітудного розмаху вибірки – 0,94% й 0,55% з коефіцієнтом осциляції – 0,25. Нормованого розмаху $\Delta_{н(з.г.)} = 0,29\%$, $\Delta_{н(ст.)} = 0,0,17\%$ (50%) та $\Delta_{н(з.г.)}$ і $\Delta_{н(ст.)}$ на рівні 0,33% за стандартного відхилення 0,23% і 0,13%, та коефіцієнта варіації – 6,12%, асиметрій і ексцесу, які відповідали центральному розподілу.

Запас C_r у шарі 0–20 см за 7–10-пільних сівозмін становив 28,1 т/га за амплітудного розмаху $\Delta_a = 6,8$ т/га, нормованого розмаху $\Delta_n = 1,9$ т/га (50%) та $\Delta_n = 6$ т/га (10%) за коефіцієнта варіації – 7,77% з посиленою правосторонньою асиметрією та плосковершинним статистичним розподілом. За сівозмін із короткою ротацією запас C_r мав тенденцію до зниження (–1,3 т/га) та був із меншим амплітудним розмахом вибірки в 1,94 рази, аналогічним нормованим розмахом за 50% рівнем значимості та був меншим удвічі за 10% рівнем значимості.

Середній запас депонованого C_r-CO_2 у шарі 20–30 см за 7–10-пільних сівозмін становив 104 т/га, тоді як за короткоротаційних сівозмін запас був меншим на 4,7 т/га. До того ж амплітудний розмах за сівозмін з довгою ротацією був у межах 25,3 т/га проти 12,8 т/га за сівозмін із короткою ротацією. Нормований розмах за 50% рівнем значимості у першому випадку сягав $\Delta_n = 7,1$ т/га, а за 10% рівнем – $\Delta_n = 22,1$ т/га, тоді як за короткоротаційних сівозмін зазначені показники були меншими в 1,10 рази та 2 рази, що впливало на коефіцієнт варіації запасу C_r-CO_2 , який за сівозмін із довгою ротацією був вищим у 1,91 рази.

За загальною моделлю середні запаси C_r та C_r-CO_2 становили 27,4 т/га та 101,2 т/га за амплітудного розмаху $\Delta_a = 25,3$ т/га, нормованого $\Delta_n = 8,9$ т/га (50%) і $\Delta_n = 14,9$ т/га (10%) за коефіцієнта варіації – 6,22%, а розподіл наближався до нормального. Середній уміст загального гумусу та C_r-CO_2 в шарі 20–30 см за 7–10-пільних сівозмін становив 3,67% і 2,13% за амплітудного розмаху $\Delta_{a(з.г.)} = 0,96\%$ та $\Delta_{a(ст.)} = 0,55\%$, нормованого розмаху: $\Delta_{н(з.г.)} = 0,53\%$, $\Delta_{н(ст.)} = 0,31\%$ (50%) та $\Delta_{н(з.г.)} = 0,89\%$, $\Delta_{н(ст.)} = 0,52\%$ (10%). Коефіцієнт варіації сягав 9,02%.

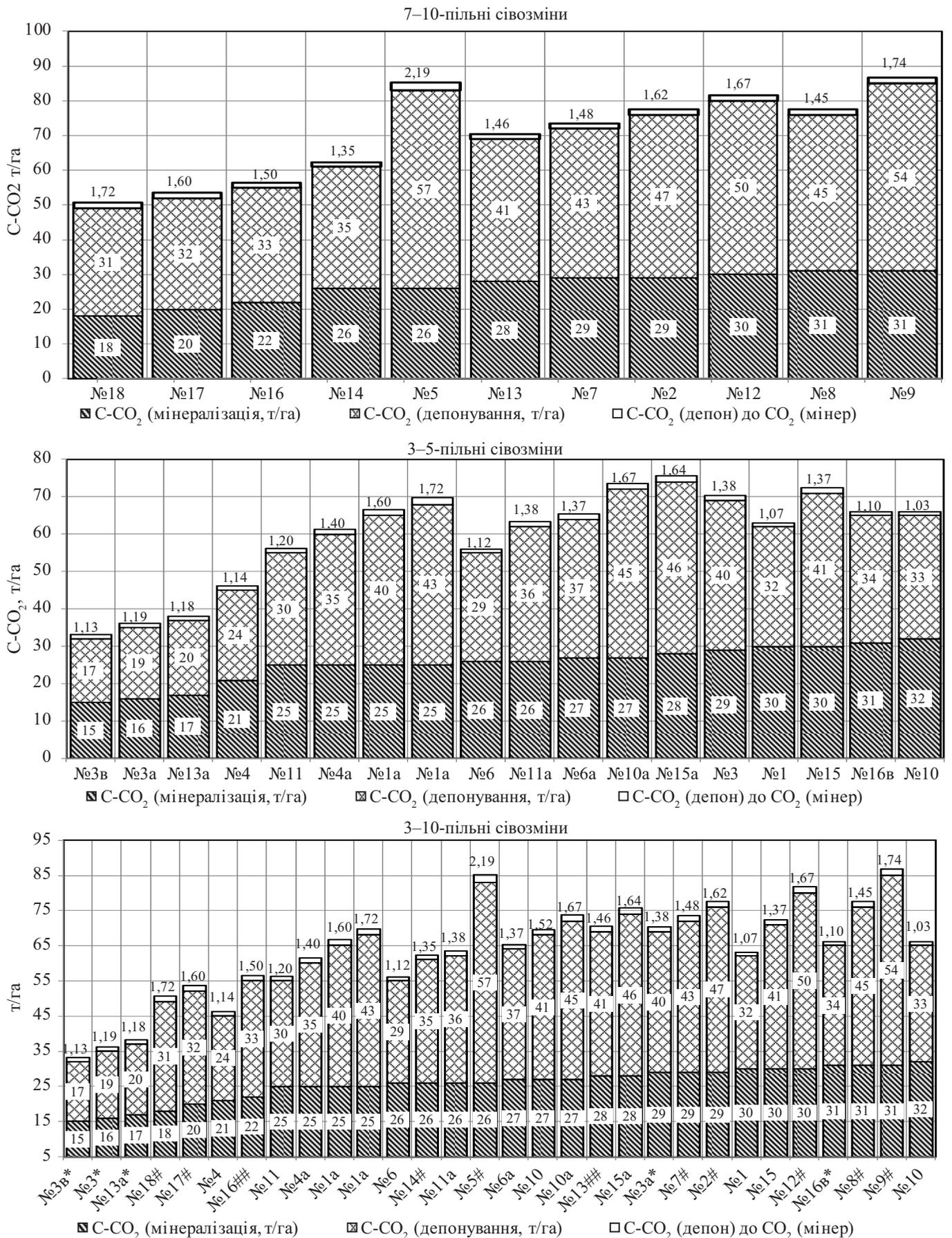
За 3–5-пільних сівозмін загальний уміст гумусу і C_r-CO_2 мав достовірне зниження на 0,13% та

0,07% за практично однакового амплітудного розмаху за більш низьких інтервальних значень розмаху: на 0,10% і 0,05% (max) та 0,05% й 0,03% (min) відповідно. Нормований розмах за 50% рівнем значимості за сівозмін з довгою ротацією становив 0,53% і 0,31%, а за 10% рівня значимості – 0,89% й 0,52%. За короткоротаційних сівозмін нормовані розмахи вмісту гумусу за 50% і 10% рівнем значимості були істотно меншими: у 3,42 (з. г.) і 3,44 (C_r-CO_2) та в 1,89 рази і 1,93 рази відповідно. Коефіцієнт варіації загального гумусу і C_r за 7–10-пільних сівозмін досягав 9,02%, тоді як за 3–5-пільних сівозмін $Coef_{var}$ був в 1,61 рази меншим. Середній запас C_r-CO_2 за сівозмін із довгою ротацією становив 26,9 т/га, а запас депонованого C_r-CO_2 – 99,5 т/га. Амплітудний розмах сягав 7,1 т/га та 26,0 т/га за нормованого розмаху за 50% й 10% рівнем значимості $\Delta_n = 3,9$ т/га і $\Delta_n = 6,5$ т/га та $\Delta_n = 14,4$ т/га й $\Delta_n = 24,2$ т/га відповідно.

За сівозмін із короткою ротацією амплітудний розмах запасу C_r і C_r-CO_2 був меншим порівняно з довгоротаційними сівозмінами, а нормований розмах за 50% і 10% рівнями значимості був меншим у 3,25 рази і 1,91 рази (C_r , т/га) та 3,1 рази і 1,91 рази (C_r-CO_2 , т/га) за більш низьких інтервальних значень. Коефіцієнт варіації за 7–10-пільних сівозмін запасів C_r та C_r-CO_2 досягали значень 9,02%, тоді як за сівозмін із короткою ротацією були нижчими в 1,6 рази.

Типізація параметрів балансу депонування $C_{орг}$ (CO_2) та виносу $C-CO_2$ в 7–10-пільних сівозмінах показала, що середнє депонування $C_{орг}-CO_2$ загальною фітомасою ($Z_{ф}$) становить 42,5 т/га, а за медіанним значенням – 44,3 т/га. Амплітудний розмах $\Delta_a = 26,8$ т/га (коефіцієнт осциляції – $K_{ос} = 0,63$), а нормований розмах: $\Delta_n = 15,5$ т/га за коефіцієнта варіації – 20,5%.

У 3–5-пільних сівозмінах середнє депонування $C_{орг}$ (CO_2) становить 31,2 т/га, що в 1,36 рази менше порівняно з 7–10-пільними сівозмінами. За медіанним значенням депонування перевищувало середнє значення, як і у сівозмінах з довгою ротацією. Амплітудний розмах $\Delta_a = 29,7$ т/га (за коефіцієнта осциляції $K_{ос} = 0,95$), нормований розмах $\Delta_n = 19,6$ т/га, що вище в 1,27 рази порівняно з 7–10-пільними сівозмінами. Коефіцієнт варіації $Z_{ф}$ відносно сівозмін із довгою ротацією зростає в 1,67 рази. Депонування $C_{орг}$ (CO_2) до основної продукції за 7–10-пільних сівозмін у середньому становило 19,8 т/га за амплітудного розмаху $\Delta_a = 32,9$ т/га (коефіцієнт осциляції $K_{ос} = 0,60$) та нормованого розмаху $\Delta_n = 10,2$ т/га за коефіцієнта варіації – 46,3%.



Ранжування продуктивності різноротаційних сівозмін за співвідношенням $C_{\min}(CO_2)$ мінералізації до $C_{\text{ор.}}(CO_2)$ депонування в основну продукцію для умов Центрального Лісостепу

З короткоротаційних сівозмін середнє депонування $C_{\text{орг}}(\text{CO}_2)$ в основну продукцію було меншим в 1,82 раза, а амплітудний розмах ($\Delta_a = 20,3$ т/га) був меншим в 1,63 раза, нормований розмах мав тенденцію до зниження порівняно з 7–10-пільними сівозмінами. Коефіцієнт варіації депонування $C_{\text{орг}}(\text{CO}_2)$ зростав у 1,22 раза. Співвідношення депонування $C_{\text{орг}}(\text{CO}_2)$ до загальної фітомаси до $C_{\text{орг}}(\text{CO}_2)$ в основну продукцію у сівозмінах з довгою ротацією сягало 2,15 до 1, тоді як у короткоротаційних сівозмінах – 2,86 до 1, що в 1,34 раза більш звужено.

Винос $C\text{--CO}_2$, що включає мінералізацію побічної фітомаси та винос основною продукцією, у сівозмінах з довгою ротацією був 45,3 т/га за $\Delta_a = 34,6$ т/га (коефіцієнт осциляції $K_{\text{ос}} = 0,76$) та $\Delta_n = 15,8$ т/га за коефіцієнта варіації – 23,2%. У сівозмінах з короткою ротацією винос $C\text{--CO}_2$ був в 1,24 раза меншим, амплітудний розмах у 1,27 раза ширшим ($K_{\text{ос}} = 0,83$), нормований розмах меншим у 1,22 раза за більш низького коефіцієнта варіації – у 1,5 раза. За асиметрією та ексцесом розподіл виносу $C\text{--CO}_2$ був близьким до нормального.

Середній баланс (B_{CO_2}) в 7–10-пільних сівозмінах становив $B_{\text{CO}_2} = -22,3$ т/га за $\Delta_a = -40,9$ т/га ($K_{\text{ос}} = 1,83$) та за нормованого розмаху $\Delta_n = -9,0$ т/га. Коефіцієнт варіації сягав 49,5%. За 3–5-пільних сівозмін середній баланс становив $B_{\text{CO}_2} = -14,2$ т/га, що менш дефіцитніше ніж за 7–10-пільних сівозмін. Амплітудний розмах був меншим у 1,22 раза за $K_{\text{ос}} = 0,42$. Нормований розмах був на рівні 7–10-пільних сівозмін, а коефіцієнт варіації збільшувався в 1,22 раза. Для показників B_{CO_2} характерна правостороння сильна асиметрія та слабовиражена гостровершинність.

За сівозмін з довгою ротацією ємність балансу $C\text{--CO}_2$ становила $E_6 = 66,9$ т/га за амплітудного розмаху $\Delta_a = 31,4$ т/га ($K_{\text{ос}} = 0,47$) та $\Delta_n = 22,9$ т/га, за коефіцієнта варіації – 17,5%. За асиметрією та ексцесом розподіл вибірки E_6 наближався до нормального. За сівозмін з короткою ротацією E_6 $C\text{--CO}_2$ була меншою в 1,15 раза, за амплітудним розмахом – вищою в 1,5 раза, а за нормованого розмаху – нижчою в 1,73 раза порівняно з довгоротаційними сівозмінами. Коефіцієнт варіації E_6 $C\text{--CO}_2$ за 3–5-пільних сівозмін був вищим у 1,42 раза за асиметрією та ексцесом близьким до нормального.

У сівозмінах із довгою ротацією інтенсивність балансу $C\text{--CO}_2$ (I_6) у середньому становила 52,6% за $\Delta_a = 45\%$ і $\Delta_n = 7\%$ та коефіцієнта варіації – 21,9%. За асиметрією розподіл був правостороннім із плосковершинним розподілом, що відхиляє

розподіл I_6 від нормального. У 3–5-пільних сівозмінах I_6 $C\text{--CO}_2$ була вищою в 1,21 раза, амплітудний розмах $\Delta_a = 48\%$ ($K_{\text{ос}} = 0,75$) за більш високих інтервальних значень розмаху в 1,33 та 1,86 раза порівняно з 7–10-пільними сівозмінами. Нормований розмах I_6 зріс у 2,57 раза за зниження коефіцієнта варіації в 1,17 раза. За асиметрією та ексцесом розподіл вибірки був близьким до нормального.

Оцінювальним критерієм продуктивності сівозмін нами визначено співвідношення між емісією (мінералізацією) $C\text{--CO}_2$ до депонування $C_{\text{орг}}(\text{CO}_2)$ в основну продукцію. Виявлено, що вилучення $C\text{--CO}_2$ за межі агроценозу незалежно від типу сівозмін становить 31–22 т/га, тоді як співвідношення депонованого $C_{\text{орг}}(\text{CO}_2)$ до основної продукції є критерієм ефективності сівозмін. На рис. показано загальну залежність між параметрами обігу $C\text{--CO}_2$ та депонуванням $C_{\text{орг}}(\text{CO}_2)$ в основну продукцію. Найефективнішими сівозмінами є 7–10-пільні сівозміни за номерами: 5, 2, 12, 9, де співвідношення перевищує 1,5 до 1. У сівозмінах 3–5-пільної ротації спостерігається аналогічна закономірність: найбільш ефективним є сівозміни №1а, №1, №10а, а всі інші сівозміни як 7–10-пільні, так і 3–5-пільні є менш ефективними.

У середньому по сівозмінах із довгою ротацією продуктивність була на рівні 6,03 т/га та 5,58 т/га, а значення медіани – 6,02 т/га і 5,72 т/га відповідно. Амплітудний розмах продуктивності за 7–10-пільних сівозмін становив 3,30 т/га та 2,58 т/га за коефіцієнта осциляції $K_{\text{осц}} = 0,53$ та $K_{\text{осц}} = 0,46$. За короткоротаційних сівозмін продуктивність була 4,50 т/га та 3,31 т/га за зростання $K_{\text{осц}} = 0,78$ і $K_{\text{осц}} = 0,61$ відповідно виходу к. о. та к. п. о.

За загальною моделлю амплітудний розмах сягав 4,5 т/га та 3,58 т/га за коефіцієнта осциляції $K_{\text{осц}} = 0,75$ і $K_{\text{осц}} = 0,65$ відповідно. Нормований розмах продуктивності 7–10-пільних сівозмін за 50% рівнем значимості становив $\Delta_n = 1,4$ т/га та $\Delta_n = 1,01$ т/га, а за 10% рівнем значимості – $\Delta_n = 1,94$ т/га і $\Delta_n = 1,48$ т/га, тоді як за короткоротаційних сівозмін показники нормованого розмаху продуктивності зростали в 1,64 та 1,21 раза (50%) та 2,29 і 1,96 раза (10%). Показники нормованого розмаху продуктивності за загальною моделлю були у межах $\Delta_n = 2,07$ т/га та $\Delta_n = 1,19$ т/га (50%) й $\Delta_n = 3,4$ т/га і $\Delta_n = 2,4$ т/га (10%).

Значення продуктивності за медіаною за 7–10-пільних сівозмін більшою мірою тяжіли до верхнього квантиля ($L_{0,75}$) за виходом к. о. та к. п. о., тоді як за короткоротаційних сівозмін, навпаки, до нижнього квантиля ($L_{0,25}$), що свідчить про зростання

Таблиця 3. Нормована продуктивність сівозмін різного типу та ротації за 2005–2024 рр.

Показники	Середнє	Mediana	Min	Max	Нормований розмах				Коефіцієнт, Coef.Var., %
					$L_{0,25}$	$L_{0,75}$	$L_{0,10}$	$L_{0,90}$	
					$\Delta_a = \text{Max} - \text{Min}$	$\Delta_n = L_{0,75} - L_{0,25}$ (50%)	$\Delta_n = L_{0,90} - L_{0,10}$ (10%)		
Продуктивність сівозмін									
7–10-пільні									
*К.О., т/га	6,26	6,62	4,45	7,75	5,55	6,95	5,11	7,05	15,2
**К.П.О., т/га	5,63	5,85	3,97	6,55	5,05	6,05	4,97	6,42	13,1
3–5-пільні									
*К.О., т/га	5,88	5,78	4,05	8,55	4,65	6,95	4,11	8,55	24,8
**К.П.О., т/га	5,55	5,35	4,21	7,55	4,85	6,06	4,25	7,15	17,7
Загальна модель									
*К.О., т/га	6,03	6,02	4,05	8,55	4,88	6,95	4,35	7,75	21,2
**К.П.О., т/га	5,58	5,72	3,97	7,55	4,87	6,06	4,25	6,66	15,8

Примітка. *К.О., т/га – кормові одиниці; **К.П.О., т/га – кормопротеїнові одиниці.

$НП_{0,5}$ по середньому значенню: 0,34 т/га (К.О.); 0,06 т/га (К.П.О.).

продуктивності у першому випадку та її зниження у другому. Стандартна похибка зміни продуктивності сівозмін із довгою ротацією була $Std_{dev} < 1,0$, тоді як за сівозмін з короткою ротацією $Std_{dev} > 1,0$ для виходу к. о. та $Std_{dev} < 1,0$ – для виходу к. п. о. Коефіцієнт варіації продуктивності 7–10-пільних сівозмін становив $Coef_{var.} = 13,1–15,3\%$, тоді як у сівозмінах з короткою ротацією $Coef_{var.}$ зростав в 1,62 та 1,36 рази, а загалом для загальної моделі $Coef_{var.}$ був на рівні 21,3% і 15,8%.

Висновки

За сівозмін з довгою ротацією уміст та запас загального гумусу, вуглецю гумусу та в перерахунку на запаси C_r та $C_{орг} - CO_2$ (в перерахунку на депоноване CO_2) у шарі 0–20 см було вищим на 0,14%, 0,08%, 1,3 т/га та 4,6 т/га відповідно, а в шарі ґрунту 20–30 см: на 0,13%, 0,07% відповідно вмісту гумусу C_r , тоді як запас C_r та $C_{орг} (CO_2)$ були рівними. В товщі 0–30 см за 7–10-пільних сівозмінах вміст гумусу був вищим на 0,13%, C_r – на 0,08%, а запас C_r та $C_{орг} - CO_2$ – на 15,6 т/га порівняно з сівозмінами з короткою ротацією.

Показники балансу $C - CO_2$ за 7–10-пільних сівозмінах були достовірно менш дефіцитними порівняно з 3–5-пільними сівозмінами: депонування $C_{орг} - CO_2$ в загальну фітомасу та основну продукцію було на 11,3 т/га і 8,9 т/га порівняно з 3–5-пільними сівозмінами за вищого значення ємності балансу $C - CO_2$ на 9,5 т/га за нижчих значеннях коефіцієнта варіації та складових балансу оксиду карбону.

Оцінювальним критерієм секвестраційної здатності і продуктивності сівозмін нами прийняте співвідношення між депонуванням $C_{орг} - CO_2$ в основну продукцію до $C - CO_2$ від мінералізації гумусу та побічної продукції. Виявлено, що $C - CO_2$ від мінералізації незалежно від ротаційності сівозмін змінюється в межах 18–31 т/га (7–10-пільні сівозміни) та 15–32 т/га (3–5-пільні сівозміни), а загальний розмах для 3–10-пільних сівозмін становить від 15,0 т/га до 32,0 т/га.

Депонування $C_{орг} - CO_2$ в основну продукцію за 7–10-пільних сівозмін сягає 31–54 т/га, проти 17–33 т/га за 3–5-пільних сівозмін, а оцінювальним критерієм секвестраційної здатності та продуктивності прийнято співвідношення $C_{орг} - CO_2$ до $C_{мін} - CO_2$, яке повинно перевищувати 1,5 до 1 на користь депонування органічного вуглецю в основну продукцію і гумус.

У загальному ряду сівозмін за 7–10-пільних сівозмін найбільш ефективними виявилися 5: а це 50% – зернові, 20% – просапні, 30% – кормові з умістом гумусу – 4,01%; далі сівозміна 9: 50% – зернові, 10% – бобові, 20% – просапні, 20% – кормові; 2: 50% – зернові, 20% – технічні, 20% – горох, 10% – кормові; 17: 40% – зернові, 20% – бобові, 30% – технічні, 10% – кормові. У 3–5-пільних сівозмінах найбільш ефективними виявилися сівозміни: 1а, 10а, 15а, 10, 4а, де уміст гумусу становив 3,79–3,90%, а співвідношення перевищувало 1,5 до 1. У 3-пільних сівозмінах найбільш ефективною сівозміною була 3: 50% – зернові, 25% – буряк цукровий, 25% – трави.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шевченко О.В. Вплив кліматичних змін на сільське господарство в Україні *Збалансоване землекористування*. 2023. №4. С. 108–114. DOI: 10.33730/2310–4678.4.2023.292725.
2. Адаменко Т. Зміна клімату та сільське господарство в Україні: що варто знати фермерам? Німецькоукраїнський агрополітичний діалог. 2019. 36 с. URL: <http://surl.li/djswf>.
3. Польовий А.М., Божко Л.Ю. Вплив зміни клімату на агрокліматичні умови вегетаційного періоду основних сільськогосподарських культур. *Український гідрометеорологічний журнал*. №20. 2017. С. 61–70.
4. Sanderman, J., Hengl, T., & Fiske, G. J. . Soil carbon debt of 12,000 years of human land use. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2017. Vol.114. P. 9575–9580. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1706103114>.
5. Lal, R. Depletion and restoration of carbon in the pedosphere. *Japanese Society of Pedology*. 2010. Vol. 53. P. 19–32. DOI: https://doi.org/10.18920/pedologist.53.3_19.
6. Nunes, A.L. P., Bartz, M.L., Mello, I., Bortoluzzi, J., Roloff, G., Fuentes Llanillo, R., Canalli, L., Wandscheer, C.A.R., & Ralisch, R. No-till system participatory quality index in land management quality assessment in Brazil. *European Journal of Soil Science*. 2020. Vol. 71.P. 974–987. DOI: <https://doi.org/10.1111/ejss.12943>.
7. Dietzel, R., Liebman, M., & Archontoulis, S. A deeper look at the relationship between root carbon pools and the vertical distribution of the soil carbon pool. *Soil*. 2017. 3. P.139–157. DOI: <https://doi.org/10.5194/soil-3-139-2017>.
8. Wuaden, C.R., Nicoloso, R.S., Barros, E.C., & Grave, R.A. (2020) Early adoption of no-till mitigates soil organic carbon and nitrogen losses due to land use change. *Soil and Tillage Research*. 2020. Vol. 204. P.104728. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104728>.
9. Nicoloso, R.S., Amado, T.J.C., & Rice, C.W. Assessing strategies to enhance soil carbon sequestration with the DSSAT-CENTURY model. *European Journal of Soil Science*. 2020. Vol. 71. P. 1034–1049. DOI: <https://doi.org/10.1111/ejss.12938>.
10. Poffenbarger, H.J., Barker, D.W., Helmers, M.J., Miguez, F.E., Olk, D.C., Sawyer, J.E., Six, J., & Castellano, M.J. Maximum soil organic carbon storage in Midwest U.S. cropping systems when crops are optimally nitrogen-fertilized. *PLOS ONE*. 2017. Vol. 12. e0172293. DOI:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172293>.
11. Stewart, C.E., Halvorson, A.D., & Delgado, J.A. Long-term N fertilization and conservation tillage practices conserve surface but not profile S OC stocks under semi-arid irrigated corn. *Soil and Tillage Research*. 2017. 171.P. 9–18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.04.003>.
12. Stewart, C.E., Halvorson, A.D., & Delgado, J.A. Long-term N fertilization and conservation tillage practices conserve surface but not profile SOC stocks under semi-arid irrigated corn. *Soil and Tillage Research*. 2017. 171. 9–18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.04.003>.
13. Poffenbarger, H.J., Barker, D.W., Helmers, M.J., Miguez, F.E., Olk, D.C., Sawyer, J.E., Six, J., & Castellano, M.J. Maximum soil organic carbon storage in Midwest U.S. cropping systems when crops are optimally nitrogen-fertilized. *PLOS ONE*. 2017. 12. e0172293. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172293>.
14. Бойко П.І. Коваленко Н.П., Блащук М.І., Демиденко О.В. Залежність зміни вмісту гумусу у чорноземі Лівобережного Лісостепу України від застосування сівозмін, удобрення та обробітку ґрунту, «Youg Sentist №5/59. 2018. С.1–3.
15. Lecki N.A., Creed I.F. Forest soil CO₂ efflux models improved by incorporating topographic controls on carbon content and sorption capacity of soils. *Biogeochemistry*. 2016. Vol. 129. PP. 307–323.
16. Bisen N., Rahangdale C.P. Crop residues management option for sustainable soil health in rise – wheat system: a review. *International Journal of Chemical Studies*. 2017. no.5. P. 1038–1042. Available at:https://www.researchgate.net/publication/318959582_residues_management_option_for_sustainable_soil_health_in_rise-wheat_sustem_a_review (accessed 05.12.2019).
17. Hirte J., Leifeld J., Abiven S., Oberholzer H.–R., Hammelehle A., Mayer J. Overestimation of crop root biomass in field experiments due to extraneous organic matter. *Front Plant Sci.no*. 2017. (8). P. 284. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00284>.
18. Philippot L., Raaijmakers J.M., Lemanceau P., Van der Putten W.H. Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere. *Nat. Rev. Microbiol*. 2013. no. 11. P. 789–799. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrmicro3109>.
19. Torma S., Vilček J., Lošak T., Kužel S. Martensson A. Residual plant nutrients in crop residues – an important resource. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 2017. P. 358–366. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1406134>.

20. Анішин Л.А., Грицаєнко З.М., Пономаренко С.П., Григорюк І.П., Серга О.І. Утилізація вуглекислого газу за умов вирощування зернових культур з використанням біостимуляторів росту. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Біологія, біотехнологія, екологія*. 2014. Вип. 204. С. 56–65.
21. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual, J.T. Houghton et al., IPCC/OECD/IEA, Paris, France. 1996.v.3, Vol. 3, chapter 4. 140 p.
22. Intergovernmental Panel on Climate Change .Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. 2000. Chapter 4. 94 p.
23. IPCC 2006, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES. Japan. 2006. Vol. 4. 678 p.

REFERENCES

1. Shevchenko O.V. (2023). Vplyv klimatychnykh zmin na silske hospodarstvo v Ukrainii *Zbalansovane zemlekorystuvannia*, 4, 108–114. DOI: 10.33730/2310-4678.4.2023.292725 [in Ukrainian].
2. Adamenko T. (2019). Zmina klimatu ta silske hospodarstvo v Ukraini: shcho varto znaty fermeram Nimetskoukrainskyi ahropolitychnyi dialoh. 36 p. URL: <http://surl.li/djswf> [in Ukrainian].
3. Polovyi A.M., Bozhko L.Yu. (2017). Vplyv zminy klimatu na ahroklimatychni umovy vehetatsiino-ho periodu osnovnykh silskohospodarskykh kultur. *Ukrainskyi hidrometeorolohichnyi zhurnal*, 20, 61–70 [in Ukrainian].
4. Sanderman, J., Hengl, T., & Fiske, G. J. (2017). Soil carbon debt of 12,000 years of human land use. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114, 9575–9580. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1706103114> [in English].
5. Lal, R. (2010). Depletion and restoration of carbon in the pedosphere. *Japanese Society of Pedology*, 53, 19–32. DOI: https://doi.org/10.18920/pedologist.53.3_19 [in English].
6. Nunes, A. L. P., Bartz, M. L., Mello, I., Bortoluzzi, J., Roloff, G., Fuentes Llanillo, R., Canalli, L., Wandscheer, C. A. R., & Ralisch, R. (2020). No-till system participatory quality index in land management quality assessment in Brazil. *European Journal of Soil Science*, 71, 974–987. DOI: <https://doi.org/10.1111/ejss.12943> [in English].
7. Dietzel, R., Liebman, M., & Archontoulis, S. (2017). A deeper look at the relationship between root carbon pools and the vertical distribution of the soil carbon pool. *Soil*, 3, 139–157. DOI: <https://doi.org/10.5194/soil-3-139-2017> [in English].
8. Wuaden, C.R., Nicoloso, R.S., Barros, E.C., & Grave, R.A. (2020). Early adoption of no-till mitigates soil organic carbon and nitrogen losses due to land use change. *Soil and Tillage Research*, 204, 104728. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104728> [in English].
9. Nicoloso, R.S., Amado, T.J.C., & Rice, C.W. (2020). Assessing strategies to enhance soil carbon sequestration with the DSSAT-CENTURY model. *European Journal of Soil Science*, 71, 1034–1049. DOI: <https://doi.org/10.1111/ejss.12938> [in English].
10. Poffenbarger, H.J., Barker, D.W., Helmers, M.J., Miguez, F.E., Olk, D.C., Sawyer, J.E., Six, J., & Castellano, M.J. (2017). Maximum soil organic carbon storage in Midwest U.S. cropping systems when crops are optimally nitrogen-fertilized. *PLOS ONE*, 12, e0172293. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172293> [in English].
11. Stewart, C.E., Halvorson, A.D., & Delgado, J.A. (2017). Long-term N fertilization and conservation tillage practices conserve surface but not profile S OC stocks under semi-arid irrigated corn. *Soil and Tillage Research*, 171, 9–18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.04.003> [in English].
12. Stewart, C.E., Halvorson, A.D., & Delgado, J.A. (2017). Long-term N fertilization and conservation tillage practices conserve surface but not profile SOC stocks under semi-arid irrigated corn. *Soil and Tillage Research*, 171, 9–18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.04.003> [in English].
13. Poffenbarger, H.J., Barker, D.W., Helmers, M.J., Miguez, F.E., Olk, D.C., Sawyer, J.E., Six, J., & Castellano, M.J. (2017). Maximum soil organic carbon storage in Midwest U.S. cropping systems when crops are optimally nitrogen-fertilized. *PLOS ONE*, 12, e0172293., <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172293> [in English].
14. Boiko P.I. Kovalenko N.P., Blashchuk M.I., Demydenko O.V. (2018). Zalezhnist zminy vmistu humusu u chornozemi Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy vid zastosuvannia sivozmin, udobrennia ta obrobittu gruntu, «Youg Sentist №5/59. Mai. P.1– 3 [in Ukrainian].
15. Lecki N.A., Creed I.F. F(2016). orest soil CO₂ efflux models improved by incorporating topographic controls on carbon content and sorption capacity of soils. *Biogeochemistry*, 129, 307–323 [in English].

16. Bisen N., Rahangdale C.P. (2017). Crop residues management option for sustainable soil health in rise – wheat system: a review. *International Journal of Chemical Studies*, 5, 1038–1042. Available at: https://www.researchgate.net/publication/318959582_residues_management_option_for_sustainable_soil_health_in_rise-wheat_sustem_a_review (accessed 05.12.2019). (In Eng.).
17. Hirte J., Leifeld J., Abiven S., Oberholzer H.-R., Hammelehle A., Mayer J. (2017). Overestimation of crop root biomass in field experiments due to extraneous organic matter. *Front Plant Sci.*, (8), 284. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00284> [in English].
18. Philippot L., Raaijmakers J.M., Lemanceau P., Van der Putten W.H. (2013). Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere. *Nat. Rev. Microbiol.*, 11, 789–799. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrmicro3109> [in English].
19. Torma S., Vilček J., Lošák T., Kužel S. (2017). Martensson A. Residual plant nutrients in crop residues – an important resource. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. pp. 358–366. (In Eng.). DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1406134> [in English].
20. Anishyn L.A., Hrytsaienko Z.M., Ponomarenko S.P., Hryhoriuk I.P., Serha O.I. (2014). Utylizatsiia vuhlekysloho hazu za umov vyroshchuvannia zernovykh kultur z vykorystanniam biostymulatoriv rostu. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bio-resursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Serii: Biolohiia, biotekhnolohiia, ekolohiia*, 204, 56–65 [in Ukrainian].
21. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Revised (1996). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual, – J.T. Houghton et al., *IPCC/OECD/IEA, Paris, France*, 3, 3, 4, 140 [in English].
22. Intergovernmental Panel on Climate Change (2000). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. 2000 Shapter 4. 94 p. [in English].
23. IPCC 2006 (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES. Japan. Vol. 4. 678 p. [in English].

Demydenko O.V.

Comparative northward capacity of crop rotations in the central part of the Forest–Steppe

Aim. To establish the regularities of formation of C–CO₂ emissions by agrophytocenoses of different crop rotations and carbon dioxide deposition in the soil–atmosphere–crops system in order to assess the potential of sequestration capacity of agroecosystems of different types of crop rotations for the conditions of the central part of the Forest–Steppe of Ukraine. **Methods.** Field, agrochemical (sampling and determination of total humus), statistical and computational (to substantiate the reliability of the results and develop statistical models of interrelationships), the study was conducted at the Drabivske experimental field in a stationary experiment, which was established in 1967 and includes 29 different rotations. **Results.** In crop rotations with long rotation in the 0–30 cm layer, after 7–10 crop rotations, the humus content was 0.13% higher, and the humus reserve was 15.6 t/ha higher compared to crop rotations with short rotation. It was found that C–CO₂ from mineralization, regardless of crop rotation, varies between 18–31 t/ha (7–10-field crop rotations) and 15–32 t/ha (3–5-field crop rotations), and the total range for 3–10-field crop rotations is from 15.0 t/ha to 32.0 t/ha. **Conclusions.** In the general series of crop rotations for 7–10-field crop rotations, the most effective were: 5. 50% – cereals, 20% – row crops, 30% – fodder crops with a humus content of 4.01%; followed by crop rotation No. 9: 50% – cereals, 10% – legumes, 20% – row crops, 20% – fodder crops; 2 – 50% cereals, 20% industrial crops, 20% peas, 10% fodder crops; No. 17 – 40% cereals, 20% legumes, 30% industrial crops, 10% fodder crops. In 3–5-field crop rotations, the most effective crop rotations were: 1a, 10a, 15a, 10, 4a, where the humus content was 3.79–3.90%.

Key words: mineralization, deposition, 3–10-year crop rotations, humus accumulation, emission, organic carbon, feed units, feed-protein units.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Демиденко О.В., доктор с.-г. наук, Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція ННЦ «ІЗ НААН», ORCID: 0000-0002-5334-1154.

Demydenko O.V., Doctor of Agricultural Sciences, Cherkasy State Agricultural Research Station, NSC «Institute of Agriculture of NAAS», ORCID: 0000-0002-5334-1154.

Надійшла 11.08.2025

БАЛАНС ВУГЛЕЦЮ ЗА ВИРОЩУВАННЯ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ НА ЧОРНОЗЕМІ ТИПОВОМУ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

М.І. Штакал, Л.М. Голик, Г.В. Давидюк, О.С. Левченко, В.М. Штакал

ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

Мета. Встановити баланс вуглецю в посівах різних сортів пшениці озимої на підставі виходу вуглецю в загальній біомасі рослин і інтенсивності виділення CO_2 з поверхні ґрунту протягом вегетації для отримання екологічної оцінки її вирощування та впливу на навколишнє середовище. **Методи.** Польовий, лабораторний, варіаційної статистики. **Результати.** Вихід сухої біомаси (зерно, солома, кореневі рештки) в посівах пшениці озимої у різних сортів становив 12,6–17,1 т/га. Вищим він був у сортів Ефектна і Вікторія Поліська (16,3–17,1 т/га), а також і вихід вуглецю (7,17–7,52 т/га). Інтенсивність виділення CO_2 в різні фази вегетації пшениці озимої та періоду доби значною мірою залежала від фази розвитку рослин і температури повітря. В нічний час вона на 17–21 % нижча ніж вдень. В квітні вона була найнижчою (2,31–2,51 кг/га за год), в травні – зростала (до 3,76–4,38 кг/га), червні децю знижувалася (до 3,52–4,05 кг/га) і у липні різко підвищувалася до 6,03–6,49 кг/га/год. Аналогічна залежність спостерігалася і за виділенням CO_2 протягом фаз розвитку рослин і місяців вегетації. Посіви пшениці озимої більше поглинають вуглекислого газу протягом вегетації, ніж виділяють його в процесі дихання та інтенсивної діяльності мікрофлори ґрунту. Баланс вуглецю в посівах пшениці озимої за вегетацію у всіх сортів є позитивним і становить 2,34–4,45 т/га. Вищі показники балансу вуглецю (3,95–4,45 т/га) отримано в посівах інтенсивних нових сортів пшениці озимої Ефектна і Вікторія Поліська. **Висновки.** В посівах пшениці озимої протягом вегетації більше поглинається вуглецю рослинами, ніж виділяється в атмосферу. Кращий баланс вуглецю у інтенсивних сортів Ефектна і Вікторія Поліська (3,95–4,45 т/га). Вдень інтенсивність виділення CO_2 з поверхні ґрунту вища на 17–21%, ніж вночі. Вона також змінюється за фазами розвитку рослин і місяцями вегетації. В період дозрівання пшениці озимої інтенсивність виділення вуглецю з поверхні ґрунту різко зростає, що вказує на необхідність постійного тримання ґрунту під вегетуючою рослинністю.

Ключові слова: клімат, сорти, біомаса рослин, парникові гази, інтенсивність виділення CO_2 , фази вегетації.

Вступ. Вирішення питання зменшення забруднення повітря парниковими газами наразі дуже актуальне. Викиди промислових підприємств і сільськогосподарства призводять до підвищення вмісту вуглекислого газу в атмосфері, що, в кінцевому підсумку, негативно впливає на клімат планети. Щоб запобігти цьому негативному явищу більшість держав світу підписали Кіотський протокол. Головна мета угоди полягає у необхідності стабілізації рівня концентрації парникових газів в атмосфері на рівні, який би не допускав небезпечного антропогенного впливу на кліматичну систему планети. Кіотський протокол почав діяти з 16 лютого 2005 р. На сьогодні 191 країна підписали протокол та ратифікували, крім

США, які підписали, але не ратифікували угоду. Багато країн Європи зобов'язалися не лише стабілізувати викиди вуглецю в атмосферу, а й зменшити їх. Це передусім північні країни ЄС. Однак країни, що ратифікували угоду, не мають особливих стимулів її виконувати, доки США (25% світових викидів CO_2) не ратифікують Кіотський протокол. Наша країна на законодавчому рівні закріпила Національний реєстр викидів забруднювачів [1]. Угода діє і в Україні, яка значно зменшила ці викиди. Японія, як компенсацію, перераховує значні кошти за зменшення викидів вуглекислого газу в атмосферу.

Щодо сільського господарства, то наразі питання балансу вуглецю за вирощування сільськогосподарських

Таблиця 1. Вихід біологічної маси пшениці озимої та поглинання нею карбону за 2023–2025 рр., т/га

Назва сорту	Урожайність			Середнє	Вихід соломи	Вихід корневих решток	Загальний вихід біомаси	Поглинуто С-СО ₂ урожаєм
	2023	2024	2025					
Поліська 90	6,5	4,2	5,5	5,4	5,3	4,0	14,7/ 12,6	5,54
Ефектна	8,0	7,5	8,6	8,0	7,0	3,9	18,9/16,3	7,17
Вікторія Поліська	8,8	8,0	8,5	8,4	7,6	3,9	19,9/17,1	7,52
Скаген	8,2	4,8	8,3	7,1	6,2	3,3	16,6/14,3	6,29
НІР ₀₅	0,3	0,29	0,29					

Примітка. В чисельнику подано врожайність стандартної вологості, а в знаменнику – сухої маси.

культур мало вивчене. Адаже з однієї сторони культури поглинають вуглекислий газ для формування врожаю, а з іншої сторони, його викидають у атмосферу в процесі дихання кореневої системи рослин. Виділяється вуглекислий газ також і за розкладу органічних решток і гумусу під дією мікроорганізмів [2–4]. Ці питання потребують глибокого вивчення на різних типах ґрунтів і сільськогосподарських культур. Зокрема, потребують вивчення даного питання в посівах різних сортів пшениці озимої на чорноземі типовому.

Мета досліджень – встановити баланс вуглецю в посівах різних сортів пшениці озимої на підставі порівняння виходу загальної біомаси культури та інтенсивності виділення СО₂ з поверхні ґрунту для отримання екологічної оцінки її вирощування та впливу на навколишнє середовище.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Щодо вивчення викидів вуглекислого газу в атмосферу в посівах сільськогосподарських культур у науковій літературі більше уваги приділяється питанням пов'язаним із родючістю ґрунту та вмісту в ньому гумусу як основного джерела родючості. Наразі важливі дослідження проводяться в Черкаській дослідній станції ННЦ «ІЗ НААН». За їх результатами встановлено, що існуючі технології вирощування сільськогосподарських культур, які базуються на різних за інтенсивністю системах удобрення, відіграють важливу роль у перетворенні вуглекислого газу атмосфери повітря в рослинну біомасу. Не менш важливим є співвідношення секвестраційного С-СО₂ атмосфери у структурі загальної фітомаси, емісії від мінерального азоту і мінералізації побічної продукції, що впливає як на баланс С-СО₂, його інтенсивність, так і його ємність в агроценозі. За інтенсивної системи удобрення середня секвестрація С-СО₂

до формування основної продукції становила 7,27 т/га, а за органічної системи удобрення – зменшувалася на 22–26%. Тут враховується як мінералізація гумусу (21–25%), так і органічних решток рослин (75–78%) [5; 6]. За даними Вінницького національного аграрного університету повідомляється, що перетворення природних ландшафтів на землі сільськогосподарського призначення майже незмінно призводить до виснаження природних запасів вуглецю в ґрунті. Наприклад, оцінки середньої втрати органічного ґрунтового вуглецю у верхньому метровому шарі протягом 2–8 років після перетворення місцевої природної рослинності на сільськогосподарську продукцію коливаються від 15 до 40%. Відростання рослинності після посіву або використання систем нульового обробітку ґрунту, а також використання глибоко вкорінених, швидко зростаючих видів дерев і трав може призвести до відновлення органічної речовини ґрунту до рівнів, що наближаються до, а часто й перевищують рівень карбону у ґрунтах лісових екосистем [7]. На важливість визначення балансу карбону та мінералізації органічної речовини в рослинництві вказують і інші дослідники [8].

Методика проведення досліджень. Польові дослідження проводили в стаціонарному досліді на чорноземі типовому Панфільської дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН» упродовж 2023–2025 рр. згідно з методикою Інституту кормів НААН [9]. Типові чорноземи на легких суглинках мають в орному шарі такі фізичні і агрохімічні властивості: вміст гумусу 3,08–3,15%, рухомого фосфору 237–270 і рухомого калію – 80–100 мг/ кг ґрунту, рН_{сольове} – 5, 7, ступінь насичення вбирного комплексу основами – 85–99%, гідролітична кислотність – 2,1 мг-екв. на 100 г ґрунту, щільність –

Таблиця 2. Інтенсивність виділення CO₂ в різні фази вегетації пшениці озимої та періоду доби за 2024–2025 рр., кг/га/ год

Назва сорту	Фаза кушення (квітень)		Вихід в трубку (травень)		Виколошування, цвітіння (червень)		Дозрівання (липень)		Середнє за вегетацію	
	день	ніч	день	ніч	день	ніч	день	ніч	день	ніч
Поліська 90	2,78	2,00	4,30	3,21	4,43	3,32	7,08	5,81	4,65	3,59
Ефектна	2,75	1,97	4,70	3,32	3,98	3,41	7,08	5,90	4,63	3,65
Вікторія Поліська	2,46	1,76	4,78	3,32	3,54	3,50	6,42	5,64	4,3	3,56
Скаген	2,92	2,09	5,26	3,50	4,65	3,45	6,42	5,92	4,81	3,74

Примітка. Експозиція вночі становила 14–16 год і фактично ввечері, вночі і вранці.

1,18 г/см³. Площа облікової ділянки 10 м², повторення чотириразове.

Обробіток ґрунту включав дискування, оранку з наступною культивуацією. Під основний обробіток вносили 34 кг/га азоту, 34 кг/га фосфору та 34 кг/га калію, у весняне підживлення посівів – 51 кг/га азоту. Система захисту включала боротьбу з бур'янами внесенням гербіцидів Тріатлон (0,05 кг/га), фунгіцидів Корвізар (0,8 л/га), інсектициду Престо (0,3 л/га) та регуляторів росту рослин Вертекс. Сівбу пшениці озимої проводили в період 25 вересня – 7 жовтня.

Середньодобові температури повітря взимку в період кінця січня початку лютого були вищими за норму на 2,5–11,0 °С та становили від 5 °С морозу до 7 °С тепла. Опади були рівномірної інтенсивності та спостерігалися у вигляді дощу, мокрог снігу та снігу. Мінімальна температура ґрунту на глибині залягання вузла кушення пшениці озимої у найхолодніші ночі знижувалася до мінус 2,5 °С, що не вплинуло на сходи пшениці.

Погодні умови вегетаційного періоду характеризувалися вищою на 3,9 °С до середніх показників температурою повітря та тривалими посушливими періодами вегетації, особливо у травні та серпні-вересні.

Визначення інтенсивності виділення та балансу вуглецю в посівах пшениці озимої проводили методом адсорбції за методикою ННЦ «ІЗ НААН» [10]. Дані визначення здійснювали протягом кожного місяця. Для ізоляції поверхні ґрунту від зовнішнього повітря використовували пластмасові циліндри діаметром 12 см. В якості сорбента використовували 0,1 нормальний розчин їдког натрію, який наливали у нітратні чашечки в кількості 25 мл. Дані дослідження проводили кожного місяця вдень і вночі з експозиціями відповідно 4–6 і 14–16 год у триразовому повторенні. В контрольному варіанті поверхню ґрунту

накривали поліетиленовою плівкою для повної ізоляції від зовнішнього середовища. Баланс вуглецю вираховували з урахуванням, що загальна формула крохмалю і целюлози є такою (C₆H₁₀O₅)_n, а вміст вуглецю в ній становить 44%. Вміст вуглецю в вуглекислому газі – 27%.

Результати та їх обговорення. Наведені дані урожайності різних сортів пшениці озимої показують, що найнижчі її показники у сорту Поліська 90 і становлять в середньому за 2023–2025 рр. 5,4 т/га (табл.1). У сорту іноземного походження Скаген вона зростає до 7,1 т/га. Причому показники урожайності за 2023 і 2025 рр. майже ідентичні з кращими нашими сортами. Різке зниження урожайності в 2024 р. пов'язано з тим, що цей сорт досить продуктивний, але за адаптивним потенціалом у зоні Лісостепу не може ефективно протистояти погодним змінам за роками. Урожайність сорту Ефектна становила 8,0 т/га і Вікторія Поліська – 8,4 т/га. Вихід соломи коливався в межах від 5,3 т/га у сорту Поліська 90 до 7,6 т/га у сорту Вікторія Поліська. Найнижчий вихід кореневих решток (3,3 т/га) був у сорту Скаген, а у інших сортів становив 3,9–4,0 т/га. У підсумку загальний вихід сухої біомаси сягав у сорту Поліська 90 – 12,6, Скаген – 14,3, Ефектна – 16,3 і Вікторія Поліська – 17,1 т/га. Тобто поглинуто рослинами і винесено біологічним урожаєм у сорту Поліська 90 5,54 т/га, с. Скаген – 6,29, с. Ефектна–7,17 і с. Вікторія Поліська – 7,52 т/га вуглецю.

Аналізуючи інтенсивність виділення CO₂ з поверхні ґрунту можна стверджувати, що найнижчою вона була у квітні у фазі кушення рослин і становила вдень 2,46–2,92 кг/га і вночі – 1,76–2,09 кг/га/год (табл.2). Це пов'язано з пониженими температурами в цей період та ще досить слабким розвитком рослин. У фазі виходу в трубку у травні інтенсивність виділення

Таблиця 3. Середні показники виділення CO₂ за фазами вегетації в кг/га за год та інтенсивність виділення окису вуглецю в посівах різних сортів пшениці озимої, т/га за місяцями вегетації

Назва сорту	Фаза кущення (квітень)		Вихід в трубку (травень)		Виколошування, цвітіння (червень)		Дозрівання (липень)		Середнє за вегетацію	Сума за вегетацію
	CO ₂ , кг/га за год	CO ₂ за 30 днів	CO ₂ , кг/га за год	CO ₂ за 31 день	CO ₂ , кг/га за год	CO ₂ за 30 днів	CO ₂ , кг/га за год	CO ₂ за 31 день	CO ₂ , кг/га за год	CO ₂ за вегетацію, т/га
Поліська 90	2,39	1,44	3,76	2,79	3,88	2,88	6,45	4,79	4,12	11,87
Ефектна	2,36	1,43	4,01	2,98	3,70	2,66	6,49	4,83	4,14	11,91
Вікторія Поліська	2,11	1,27	4,05	3,01	3,52	2,62	6,03	4,48	3,93	11,38
Скаген	2,51	1,56	4,38	3,26	4,05	2,92	6,17	4,59	4,28	12,28

CO₂ з поверхні ґрунту зростає до 4,3–5,26 кг/га вдень і 3,21–3,50 кг/га /год вночі, що можна пояснити підвищенням температур повітря і інтенсивним розвитком рослин. У фазі виколошування і цвітіння, незважаючи на підвищений температурний режим, емісія CO₂ з поверхні ґрунту дещо знижується і становить вдень 3,54–4,65 кг/га і вночі 3,32–3,50 кг/га/год.

Цю обставину можна пояснити найінтенсивнішим ростом рослин і, як наслідок, найінтенсивнішим поглинанням рослинами окису вуглецю. У фазі дозрівання у липні, коли фотосинтез рослин значно уповільнюється, інтенсивність виділення CO₂ з поверхні ґрунту істотно зростає. Так, у день вона коливалася в межах 6,42–7,08 кг/га/год, а вночі 5,64–5,92 кг/га/год. Це підтверджує те, що для зменшення негативного впливу парникових газів на навколишнє середовище сільськогосподарські угіддя повинні бути постійно зайняті вегетуючою рослинністю. Загалом, за вегетацію інтенсивність виділення CO₂ з поверхні ґрунту в день становила 4,3–4,81 кг/га/год, а вночі – 3,56–3,74 кг/га/год, або на 17–22% була нижча ніж вдень. Стосовно інтенсивності виділення CO₂ з поверхні ґрунту в розрізі сортів, то найвищі показники були у сорту Скаген, а найнижчі у сорту Вікторія Поліська.

Враховуючи показники інтенсивності виділення CO₂ з поверхні ґрунту в розрізі сортів, нами проведені підрахунки середніх її значень за фазами вегетації та інтенсивність виділення окису вуглецю за місяцями вегетації (табл. 3). Дані таблиці показують, що у квітні виділення CO₂ з поверхні ґрунту було найнижчим і становило в розрізі окремих сортів 1,27–1,56 т/га. В травні воно значно підвищувалося

до 2,79–3,26 т/га, а у червні – дещо знижувалося – 2,62–2,92 т/га, хоча температурний режим підвищувався. Це можна пояснити лише дуже інтенсивним поглинанням двоокису вуглецю рослинами у фазі виколошування–цвітіння. У липні, коли вегетація практично припинилася, емісія двоокису вуглецю була найвищою і становила 4,48–4,83 т/га. Загалом, за вегетацію інтенсивність виділення CO₂ з поверхні ґрунту становила 11,38–12,28 т/га. Найвищою емісія двоокису вуглецю була у сорту Скаген (12,28 т/га), а найнижча – у сорту Вікторія Поліська (11,38 т/га).

У результаті цих досліджень стало можливим вирахувати баланс вуглецю в посівах різних сортів пшениці озимої (табл. 4). З наведених даних стає очевидним, що баланс вуглецю в посівах пшениці озимої всіх сортів є позитивним і становить 2,34–4,45 т/га. Вищі показники балансу вуглецю (3,95–4,45 т/га) отримано в посівах інтенсивних сортів пшениці озимої Ефектна і Вікторія Поліська. Тобто рослини пшениці озимої за вегетацію поглинають більше вуглецю ніж викидають його в атмосферу, створюючи парниковий ефект. Отримані результати в липні, в період закінчення вегетації, дають підстави стверджувати, що в землеробстві дуже важливо щоб ґрунти були постійно зайняті вегетуючою рослинністю. Інакше будемо мати справу з неконтрольованими викидами двоокису вуглецю в атмосферу. Ці обставини, мабуть, потребують ще детального вивчення. Однак наші дослідження вказують на це.

Не можна не вказати також, що метод адсорбції, який ми використовували в дослідженнях, іноді

Таблиця 4. Баланс вуглецю в посівах пшениці озимої за вегетацію, середнє за 2023–2025 рр., т/га

Назва сорту	Загальний вихід біомаси, т/га	Поглинання вуглецю С-СО ₂ урожаєм, т/га	Середнє виділення СО ₂ за вегетацію, кг/га/ 1 год	Сума виділеного СО ₂ з ґрунту за вегетацію, т/га	Сума виділеного вуглецю С-СО ₂ з ґрунту за вегетацію, т/га	Баланс вуглецю за вегетацію, т/га
Поліська 90	12,6	5,54	4,12	11,87	3,20	2,34
Ефектна	16,3	7,17	4,14	11,91	3,22	3,95
Вікторія Поліська	17,1	7,52	3,93	11,38	3,07	4,45
Скаген	14,3	6,29	4,28	12,28	3,92	2,37

вважають не зовсім точним. Науковими співробітниками Черкаської ДСБ НААН розроблено та виготовлено лабораторні зразки спеціалізованих приладів вимірювально-обчислювальний комплекс (ВОК) «Аналізатор повітряного середовища електронний моно-блоковий модифікований» (АПСЕ-ММ) [11]. Цей аналізатор призначений для вимірювання показників емісії ПГ (парникових газів) в агроландшафтах, температури, вологості і NPK ґрунту. Він вимірює концентрацію вуглекислого газу, метану, аміаку в ґрунті. Недоліком цього методу є висока ціна аналізатора і ще вища вартість його сертифікації, що робить його недоступним для багатьох дослідників. Однак щодо рекомендацій із визначення інтенсивності виділення СО₂ та балансу вуглецю в посівах різних культур і сортів, то такі визначення непередбачені даними рекомендаціями. Тому вважаємо, що метод адсорбції ННЦ «ІЗ НААН» є простим, дешевим і надійним для таких визначень і його можна застосовувати в науковій практиці.

ВИСНОВКИ

1. Вихід біомаси в посівах пшениці озимої у різних сортів становив 12,6–17,1 т/га. Вищим

він був у сортів Ефектна і Вікторія Поліська (16,3–17,1 т/га), а також і вихід вуглецю (7,17–7,52 т/га).

2. Інтенсивність виділення СО₂ в різні фази вегетації пшениці озимої та періоду доби значною мірою залежала від фази розвитку рослин і температури повітря. Вночі вона на 17–21% нижча, ніж вдень. В квітні у фазі кушення вона була найнижчою (2,31–2,51 кг/га/год), в травні у фазі виходу в трубку – зростала (до 3,76–4,38 кг/га), червні у фазі викалошування і цвітіння дещо знижувалася (до 3,52–4,05 кг/га) і у липні у фазі дозрівання різко зростала до (6,03–6,49 кг/га/год).
3. Посіви пшениці озимої більше поглинають вуглецю протягом вегетації, ніж її виділяють у процесі дихання та інтенсивності діяльності мікробіоти ґрунту. Баланс вуглецю в посівах пшениці озимої за вегетацію у всіх сортів є позитивним і становить 2,34–4,45 т/га. Вищі показники балансу вуглецю (3,95–4,45 т/га) отримано в посівах інтенсивних нових сортів пшениці озимої Ефектна і Вікторія Поліська.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про Національний реєстр викидів та перенесення забруднювачів» № 2614-IX від 20 вересня 2022 року.
2. Lenka N. K., Lal R. Soil-related constraints to the carbon dioxide fertilization effect. *Critic. Rev. Plant Sci.* 2012. V. 31. P. 342–357.
3. Mcgrath J. M., Lobell D. B. Regional disparities in the CO₂ fertilization effect and implications for crop yields. *Environ. Res. Lett.* 2013. V. 8. 9 p. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/1/014054>.
4. Демиденко О.В. Вуглецево-секвестраційна здатність чорнозему типового в агроценозах. *Вісник аграрної науки.* №6. 2023. С. 5–12. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202306-01>.
5. Демиденко О.В. Секвестраційна основа родючості чорнозему в агроценозах Лісостепу. Монографія. Чорнобай. 2024. 384 с.
6. Демиденко О.В. Сезонна секвестраційна здатність чорнозему за різних агротехнічних заходів. *Вісник аграрної науки.* №9. 2023. С. 37–48. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202309>.
7. Гуцол Г.В., Коваленко Н.В. Депонування вуглецю в ґрунтах та його вплив на врожайність сільськогосподарських культур : основні

концепції. *Землеробство, рослинництво, ово-
чівництво та багтанництво*. DOI:https://doi.
org/10.32782/2226-0099.2024.140.15.

8. Пінчук В.О., Подоба Ю.В. Агроекологічна оцінка енергопотенціалу ґрунтів. *Український журнал природничих наук*, №6, 2023. С.80–90. DOI: https://doi.org/10.32782/naturaljournal.6.2023.9.
9. Бабич А.О. і ін. Методика проведення дослідів з кормовиробництва і годівлі тварин. К.: Аграрна наука.1998, 98 с.

10. Корсун С.Г., Гамалей В.І. Патент на винахід. Спосіб визначення екологічної стійкості ґрунту в агроландшафтах. ДДІВ, УА. 81031. С2. 2006.
11. Бойко О., Небилиця М., Демиденко О. і ін. Методика визначення показників емісії парникових газів та деяких забруднюючих речовин від сільськогосподарських об'єктів і агроландшафтів методом безперервної автоматичної реєстрації. Методичні рекомендації. Черкаси: Черкаська ДСБ НААН. 2024. 35 с.

REFERENCES

1. Law of Ukraine “On the National Register of Pollutant Emissions and Transfer” No. 2614-IX of September 20, 2022 [in Ukrainian].
2. Lenka N.K., Lal R. Soil-related constraints to the carbon dioxide fertilization effect. *Critic. Rev. Plant Sci.* 2012. V. 31. P. 342–357 [in English].
3. McGrath J. M., Lobell D. B. Regional disparities in the CO₂ fertilization effect and implications for crop yields. *Environ. Res. Lett.* 2013. V. 8.9 p. DOI: https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/1/014054 [in English].
4. Demidenko O.V. Carbon sequestration capacity of typical chernozem in agrocenoses. *Bulletin of agricultural science*. No. 6. 2023. P. 5–12. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202306-01[in Ukrainian].
5. Demydenko O.V. Sequestration basis of chernozem fertility in agrocenoses of the Forest-Steppe. *Monograph*. Chornobay.2024. 384 p. [in Ukrainian].
6. Demydenko O.V. Seasonal sequestration capacity of chernozem under various agrotechnical measures. *Bulletin of Agrarian Science*. No. 9. 2023.P.37–48. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202309 [in Ukrainian].
7. Hutsol G.V., Kovalenko N.V. Carbon deposition in soils and its impact on crop yield: basic concepts. *Agriculture, crop production, vegetable growing and melon growing*. DOI:https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.140.15 [in Ukrainian].
8. Pinchuk V.O., Podoba Y.V. Agroecological assessment of soil energy potential. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*, No. 6, 2023. P.80–90. DOI: https://doi.org/10.32782/naturaljournal.6.2023.9 [in Ukrainian].
9. Babich A.O. et al. Methodology for conducting experiments on feed production and animal feeding. K.: Agrarna nauka.1998, 98 p. [in Ukrainian].
10. Korsun S.G., Gamalei V.I. Patent for invention. Method for determining the ecological stability of soil in agricultural landscapes. DDIV, UA. 81031. C2. 2006[in Ukrainian].
11. Boyko O., Nebylytsia M., Demydenko O. et al. Methodology for determining indicators of greenhouse gas emissions and some pollutants from agricultural facilities and agricultural landscapes by the method of continuous automatic registration. *Methodological recommendations*. Cherkasy: Cherkasy DSB NAAS. 2024. 35 p. [in Ukrainian].

Shtakal M.I., Holyk L.M., Davydyuk H.V., Levchenko O.S., Shtakal V.M.

Carbon balance for cultivation of winter wheat varieties on typical chernozem soil of the left-bank of Forest-Steppe zone

Aim. The research method was to establish the carbon balance in crops of different varieties of winter wheat based on the carbon output in the total biomass of plants and the intensity of CO₂ release from the surface soil during the growing season to obtain an ecological assessment of its cultivation and impact on the environment.

Methods. Field, laboratory, variational statistics. **Results.** The yield of dry biomass (grain, straw, root residues) in winter wheat crops of different varieties was 12.6-17.1 t/ha. It was higher in the varieties *Efektna* and *Viktoriya Poliska* (16.3-17.1 t/ha), as well as the carbon output (7.17-7.52 t/ha). The intensity of CO₂ release in different phases of winter wheat vegetation and the period of the day largely depended on the phase of plant development and air temperature. At night it is 17-21% lower than during the day. In April it was the lowest (2.31-2.51 kg/ha per year), in grass it increased (up to 3.76-4.38 kg/ha), in June it decreased slightly (up to 3.52-4.05 kg/ha), and in July it increased sharply to 6.03-6.49 kg/ha per year. A similar dependence was observed for CO₂ release

during the plant development phase and the months of vegetation. Winter wheat crops absorb more carbon during the vegetation process than they release during respiration and the intensity of the activity of the soil microflora. The carbon balance in winter wheat crops during the vegetation period for all varieties is positive and amounts to 2.34-4.45 t/ha. The highest carbon balance indicators (3.95-4.45 t/ha) were obtained in crops of intensive new winter wheat varieties *Efektna* and *Viktoriya Poliska*. **Conclusions.** In winter wheat crops during the vegetation period, more carbon is absorbed by plants than is released into the atmosphere. The best carbon balance is in the intensive varieties *Efektna* and *Viktoriya Poliska* (3.95-4.45 t/ha). During the day, the intensity of CO₂ release from the soil surface is 17-21% higher than at night. It also varies by plant development phases and vegetation months. During the winter wheat dosing period, the intensity of carbon release from the soil surface increases sharply, which indicates the free constant maintenance of the base under the vegetative vegetation.

Key words: climate, varieties, plant biomass, greenhouse gases, CO₂ release intensity, vegetation phases.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Штакал М.І., доктор с.-г. наук, старший науковий співробітник, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», e-mail: Shtakal.mykola@gmail.com; ORCID: 0000-0002-9511-0290.

Голик Л.М., кандидат с.-г. наук, старший науковий співробітник, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», e-mail: holykselekcjoner@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7157-6520.

Давидюк Г.В., кандидат с.-г. наук, старший науковий співробітник, Національний науковий центр «Інститут

землеробства НААН», e-mail: anndavydiuk@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3877-2837>.

Левченко О.С., доктор філософії, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», e-mail: feniks1213@gmail.com, тел. 0959070254, ORCID: 0000-0003-1639-326X.

Штакал В.М., кандидат с.-г. наук, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», e-mail: shtakal@i.ua, ORCID: 0000-0002-7664-0325.

Shtakal M.I., doctor of agricultural sciences, senior researcher, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences», e-mail: shtakal.mykola@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9511-0290.

Holyk L.M., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the NAAS», e-mail: holykselekcjoner@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7157-6520.

Davydiuk H.V., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, National Scientific Center «Institute of Ag

riculture of the National Academy of Sciences», e-mail: anndavydiuk@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3877-2837.

Levchenko O.S., Doctor of Philosophy, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences of Ukraine», e-mail: feniks1213@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1639-326X.

Shtakal V.M., Candidate of agricultural sciences, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences», e-mail: shtakal@i.ua, ORCID: 0000-0002-7664-0325.

Надійшла 11.08.2025

ЧИСЕЛЬНІСТЬ МЕЛАНІНСИНТЕЗУВАЛЬНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ У ЧОРНОЗЕМІ ТИПОВОМУ ЗА ВИРОЩУВАННЯ СОЇ

І.М. Малиновська¹, О.А. Тарасенко²

¹ ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

² Панфільська дослідна станція ННЦ «ІЗ НААН»
(с. Панфили, Бориспільський р-н, Київська обл., Україна)

Мета. Встановити вплив на розповсюдження меланінсинтезувальних мікроорганізмів основних чинників агровиробництва: способу основного обробітку ґрунту та мінерального удобрення. **Методи.** Польовий і лабораторний методи, для визначення чисельності мікроорганізмів та фізіолого-біохімічної активності їхніх клітин – мікробіологічний метод, для визначення фізико-хімічних характеристик ґрунту – аналітичний. **Результати.** Виявлено, що основний обробіток ґрунту впливає на чисельність меланінсинтезувальних мікроорганізмів: мікроміцетів, бактерій, азотобактера. У варіанті без внесення мінеральних добрив (контроль) з максимальною кількістю меланінсинтезувальних бактерій характеризується ґрунт за використання дискування, на 69,8% меншою – із застосуванням *no-till*-технології і у 2,6 раза меншою – за проведення оранки. Внесення мінеральних добрив у дозі $N_{16}P_{16}K_{16}$ призводить до збільшення чисельності меланінсинтезувальних бактерій у варіанті оранки в 1,54 раза, дискування – 2,35, *no-till*-технології – в 2,29 раза, що збігається із даними, отриманими за вирощування соняшника. Зростання дози мінеральних добрив до $N_{30}P_{60}K_{65}$ сприяє збільшенню чисельності меланінсинтезувальних бактерій за оранки в 1,62 раза, за дискування – 2,29, за *no-till*-технології – в 4,58 раза. Кількість меланінсинтезувальних мікроміцетів у варіанті без добрив максимальна за застосування *no-till*-технології, середня кількість, на відміну від меланінсинтезувальних бактерій, спостерігається за оранки, мінімальна кількість – за використання мілкового дискового обробітку. На розповсюдження азотобактера як мікроорганізму, що синтезує меланіни, впливають і дози азотних добрив, і – спосіб основного обробітку ґрунту. Зі зростанням дози добрив чисельність азотобактера знижується за застосування *no-till*-технології у 3,07 раза, за оранки і дискування чисельність азотобактера є мінімальною за всіх використаних доз добрив. **Висновки.** Встановлено, що основний обробіток ґрунту і дози мінеральних добрив впливають на чисельність меланінсинтезувальних мікроорганізмів у чорноземі типовому за вирощування сої.

Ключові слова: меланіни, бактерії, мікроміцети, азотобактер, гумус, частка, кореляція.

Вступ. Органічна речовина ґрунту, і гумус зокрема, є кінцевим продуктом мікробної трансформації молекул, що вивільняються з померлих клітин рослин і тварин [1; 2]. Гумус має фундаментальне значення в екосистемах, регулюючи глобальні цикли карбону і нітрогену, ріст рослин і мікроорганізмів, а також функції ґрунту. Накопичення гумусу у сільськогосподарських

екосистемах необхідно не тільки для збереження родючості ґрунтів і формування продуктивності сільськогосподарських культур [3], але й для стабілізації органічного карбону ґрунту і скорочення викидів парникових газів у атмосферу [3; 4]. Втім зростання виробництва харчових продуктів збільшує ризик виснаження орних земель, що призводить до дегуміфікації,

ерозії і опустелювання. В зв'язку з цим дослідження закономірностей синтезу гумусових сполук та їх попередників – меланінів бактеріального походження – є актуальним і своєчасним.

Мета – становити вплив на розповсюдження меланінсинтезувальних мікроорганізмів основних чинників агровиробництва: способу основного обробітку ґрунту та мінерального удобрення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Гетеротрофні бактерії продукують темно-забарвлені пігменти – меланіни. Для багатьох продуцентів ці пігменти є вторинними метаболітами, які сприяють фотозахисту (фотопротектор, що ефективно поглинає і розсіює сонячну радіацію у вигляді тепла), хижацтву, захисту від хижацтва, стійкості до металів (сорбенти, що хелатують метали) [5; 6]. Меланіни із метою детоксикації зв'язують органічні сполуки, і постають у ролі органічного напівпровіднику [7].

Досліджено закономірності синтезу меланінів актинобактерією *Modestobacter versicolor sp. nov.* виділеною із біологічних корок поверхневого шару ґрунту плато Колорадо (США), клітини якої продукують меланіноподібні пігменти в умовах оліготрофії, тобто за вирощування на оліготрофному середовищі, але не за вирощування на копіотрофному середовищі [8]. Індукція меланогенезу *Modestobacter versicolor sp. nov.* не залежить від фази росту культури або умов освітлення, включаючи дію УФВ (UVB) і УФА (UVA)-опромінення, але дія УФВ може збільшити загальний синтез пігменту, а ріст в умовах низького вмісту сполук азоту перешкоджає його синтезу.

Гриби, особливо аскоміцети, синтезують молекули меланіну в клітинних стінках для захисту від грибоїдних істот і суворих абіотичних умов [9; 10]. Синтез меланінів також захищає продуцентів від пошкоджуючої дії ультрафіолетового опромінення [11].

Тому, наразі досліджені закономірності синтезу меланінів як біотехнологічного продукту, в монокультурах продуцентів, і можливості їхнього застосування на практиці. Однак, екологічні аспекти розповсюдження меланінсинтезувальних мікроорганізмів у природі, і особливо ґрунтах агроценозів, досліджені недостатньо.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводилися у стаціонарному досліді з вивчення короткочасних сівозмін на Панфільській дослідній станції ННЦ «ІЗ НААН», закладеному у 2009 р. Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем типовий неглибокий грубопилувато-легкосуглинковий, який залягає

на карбонатному легкосуглинковому лесі. До закладки досліді ґрунт характеризувався такими агрохімічними показниками: вміст гумусу – 3,17%; $pH_{\text{сол.}}$ 6,15; гідролітична кислотність – 3,15 мг-екв/100 г ґрунту; сума увібраних основ – 14,1 мг-екв/100 г; обмінні основи: кальцій – 7,43; магній – 1,14 мг-екв/100 г ґрунту; ступінь насичення основами – 56%, уміст легкогідролізного азоту – 72,8 мг/кг; рухомих фосфатів – 300,0 мг/кг, рухомого калію – 95,5 мг/кг ґрунту.

Дослідження виконувалися у сівозміні: соняшник – соя – пшениця озима – ячмінь ярий – соняшник. Об'єктом досліджень були варіанти стаціонарного досліді: 1 – *no-till*-технологія, без добрив (контроль); 2 – *no-till*-технологія, $N_{16}P_{16}K_{16}$; 3 – *no-till*-технологія, $N_{30}P_{60}K_{65}$; 4 – Дискування (мілкий дисковий обробіток на 10–12 см), без добрив; 5 – Дискування, $N_{16}P_{16}K_{16}$; 6 – Дискування, $N_{30}P_{60}K_{65}$; 7 – Оранка на 25–27 см, без добрив; 8 – Оранка на 25–27 см, $N_{16}P_{16}K_{16}$; 9 – Оранка на 25–27 см, $N_{30}P_{60}K_{65}$. У 2022 р. у досліджуваних варіантах вирощувалася соя сорту Муза, попередник – гібрид соняшника Тор. Розмір посівної ділянки сягає $25 \times 6 = 150 \text{ м}^2$, облікової 100 м^2 . Повторення досліді триразове, розміщення варіантів і повторень систематичне.

Відбір та підготовку зразків ґрунту для дослідження мікробіоти в лабораторних умовах проводили згідно з ДСТУ ISO 10381-6-2001. Вологість ґрунту визначали термогравіметричним методом (ДСТУ ISO 11465:2001). Чисельність мікроорганізмів основних еколого-трофічних, функціональних і систематичних груп оцінювали методом висіву ґрунтової суспензії на відповідні загальні, селективні та спеціальні поживні середовища в трьох повтореннях [12; 13]. Кількість колоній підраховували впродовж 21 доби залежно від швидкості росту та фізіологічних особливостей мікроорганізмів певної еколого-трофічної групи. Показники інтенсивності процесів мінералізації сполук азоту, органічної речовини ґрунту, гумусу, вірогідності формування бактеріальних колоній (ВФК) розраховували згідно з описаним раніше [14]. Для узагальнювальної оцінки біологічного стану ґрунту обраховували показник сумарної біологічної активності (СБА) із використанням методу відносних величин [15]. Вміст гумусу в ґрунті визначали за ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту.

Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали за загальноприйнятими в ґрунтознавстві та ґрунтовій мікробіології методиками за допомогою комп'ютерних програм *Microsoft Excel* та *Statistica 10*.

Результати та їх обговорення. Максимальна чисельність меланінсинтезувальних бактерій у варіанті без добрив спостерігається за застосування дискового мілкого обробітку, яка перевищує чисельність відповідної групи мікроорганізмів у варіанті *no-till*-технології на 69,8% і у варіанті оранки на 160% (табл. 1). Внесення мінеральних добрив призводить до збільшення чисельності меланінсинтезувальних бактерій, особливо за підвищених доз добрив ($N_{30}P_{60}K_{65}$).

Внесення мінеральних добрив у дозі $N_{16}P_{16}K_{16}$ призводить до збільшення чисельності меланінсинтезувальних бактерій у варіанті оранки в 1,54 раза, дискування – 2,35, *no-till*-технології – в 2,29 раза, що збігається із даними, отриманими за вирощування соняшника [14]. Зростання дози мінеральних добрив до $N_{30}P_{60}K_{65}$ сприяє збільшенню чисельності меланінсинтезувальних бактерій за оранки в 1,62 раза, за дискування – 2,29, за *no-till*-технології – в 4,58 раза.

Частка меланінсинтезувальних бактерій у загальній кількості мікроорганізмів також залежить від способу основного обробітку ґрунту і дози внесених добрив. Максимальною часткою характеризується варіант із дисковим мілким обробітком, середньою – варіант із *no-till*-технологією, мінімальною – варіант оранки. Внесення мінеральних добрив підвищує частку меланінсинтезувальних бактерій у загальній кількості мікроорганізмів: за внесення дози $N_{16}P_{16}K_{16}$ – в 20,1 раза, 2,41 і в 1,75 раза відповідно у варіантах із *no-till*-технологією, дискуванням і оранкою. Збільшення дози добрив до $N_{30}P_{60}K_{65}$ призводить до подальшого збільшення частки меланінсинтезувальних бактерій за *no-till*-технології в 38,3 раза, за дискування – 2,18, за оранки – в 2,0 рази.

Максимальна кількість меланінсинтезувальних мікроміцетів виявляється в контрольному варіанті (без добрив) за застосування *no-till*-технології, середня кількість – за використання оранки, мінімальна – за дискового обробітку. Можливою причиною цього може бути відсутність перемішування ґрунту за *no-till*-технології і накопичення мінеральних добрив та інших полютантів (залишки паливно-мастильних матеріалів, пестицидів) у верхньому шарі ґрунту, що і створює умови для більшого синтезу меланінів грибного походження. Інша закономірність спостерігається за дослідження меланінсинтезувальних бактерій: максимальною кількістю характеризується варіант *no-till*-технології, середньою – дисковий обробіток, мінімальною – оранка.

Внесення мінеральних добрив неістотно впливає на чисельність меланінсинтезувальних мікроміцетів за *no-till*-технології, однак призводить до збільшення КУО цих мікроорганізмів за дискування в 2,71 раза, за оранки – в 1,62 раза. Інші тенденції виявлені під час дослідження чисельності меланінсинтезувальних бактерій: підвищення дози мінеральних добрив зменшують КУО цих мікроорганізмів за *no-till*-технології в 4,58 раза, за дискування – 2,29, за оранки – в 1,54 раза. Можливо на кількість меланінсинтезувальних бактерій мінеральні добрива впливають більш опосередковано – через метаболізм рослин, або інші мінералізаційні та синтезаційні процеси.

Раніше проведеними дослідженнями і в працях 2021 р. [14] було встановлено, що частка меланінсинтезувальних мікроміцетів у загальній кількості мікроміцетів за застосування *no-till*-технології у варіанті без добрив є значно вищою, ніж за внесення добрив у дозі $N_{30}P_{30}K_{45}$; ця закономірність має місце і в представлених результатах: у варіанті без добрив частка меланінсинтезувальних мікроміцетів перевищує аналогічний показник варіанта із внесенням мінеральних добрив у мінімальній дозі у 2,7 раза, в рекомендованій дозі – в 2,21 раза. Під час застосування дискування і оранки частка меланінсинтезувальних грибів у загальній кількості мікроміцетів із збільшенням дози добрив зростає від 4,62 до 9,45% (дискування) і від 7,56 до 15,8% (оранка), що відповідає класичним уявам про посилення токсигенного навантаження із збільшенням дози мінеральних добрив, які мають у своєму складі домішки важких металів. Чому саме за використання *no-till*-технології спостерігається максимальний вміст меланінсинтезувальних мікроміцетів у варіанті без добрив – розв'язання цього питання є завданням для подальших досліджень.

На розповсюдження азотобактера як мікроорганізму, що синтезує меланіни [16], впливають, з одного боку, дози азотних добрив, із іншого боку – забрудненість ґрунту полютантами. Проявленням інгібувальної дії азотних добрив є зниження чисельності азотобактера із зростанням їхньої дози: за застосування *no-till*-технології у 3,07 раза, за оранки і дискування чисельність азотобактера є мінімальною за всіх використаних доз добрив. За дискування чисельність азотобактера коливається близько значення 0,01%, обростання грудочок ґрунту, за оранки – близько 0,67%. Також на чисельність азотобактера впливає спосіб основного обробітку ґрунту, у варіанті без добрив його максимальна чисельність спостерігається

Таблиця 1. Чисельність мікроорганізмів у чорноземному ґрунті за вирощування сої, фаза цвітіння, млн КУО / г абсолютно сухого ґрунту

Варіант	Педотрофи	Азотобактер, % обростання грудочок ґрунту	Полісахарид-синтезувальні	Актиноміцети	Мікроміцети	Меланін-синтезувальні мікроміцети	Частка меланін-синт. мікроміцетів у загальній кількості, %	Меланін-синтезувальні бактерії	Частка меланін-синтезувальних бактерій у загальній чисельності, %	Автохтонні
<i>No-till</i> , без добрив	116,3	2,67	13,8	11,2	0,310	0,056	18,06	1,16	0,12	13,1
<i>No-till</i> , N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	176,8	2,33	19,2	10,5	0,522	0,035	6,70	2,66	2,41	20,8
<i>No-till</i> , N ₃₀ P ₆₀ K ₆₅	179,0	0,87	17,0	8,33	0,624	0,051	8,17	5,31	4,60	19,5
Дискування, без добрив	205,8	0,01	24,3	9,81	0,520	0,024	4,62	1,97	0,17	28,9
Дискування, N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	153,6	0,01	15,0	13,8	0,921	0,045	4,89	4,63	0,41	19,5
Дискування, N ₃₀ P ₆₀ K ₆₅	190,4	0,01	9,60	15,4	0,688	0,065	9,45	4,52	0,37	22,0
Оранка, без добрив	65,9	0,67	16,3	15,1	0,450	0,034	7,56	0,76	0,08	10,9
Оранка, N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆	58,0	0,62	10,1	6,73	0,556	0,036	6,47	1,17	0,14	8,01
Оранка, N ₃₀ P ₆₀ K ₆₅	46,5	0,67	5,41	4,87	0,349	0,055	15,8	1,23	0,16	4,85
НР ₀₅	8,74	3,55	0,15	0,88	0,05	0,002		0,08		0,98

за застосування *no-till*-технології, середня чисельність – за оранки, яка забезпечує кращу аерацію ґрунту, а представники роду *Azotobacter* відносяться до облігатних аеробів і потребують для свого існування наявності кисню. Загалом, низька кількість азотобактера в кореневій зоні сої є проявом антагонізму з боку бульбочкових бактерій, що розвиваються за рахунок корневих ексудатів рослини, мають конкурентні переваги перед азотобактером, який у власному метаболізмі не пов'язаний із рослиною.

Для встановлення зв'язків між дослідженими показниками був здійснений кореляційний аналіз, який показав, що вміст гумусу в чорноземі типовому обернено корелює із чисельністю більшості досліджених груп мікроорганізмів, отримана закономірність не збігається із такою, що була встановлена за вирощування соняшника, а саме, вміст гумусу корелював із чисельністю автохтонних мікроорганізмів, меланінсинтезувальних бактерій, їхньою часткою у загальній кількості мікроорганізмів, ВФК полісахаридсинтезувальних бактерій і активністю мінералізації гумусу [14].

За вирощування сої вміст гумусу має середньозначимий прямий зв'язок лише із чисельністю нітрифікаторів ($r = 0,431$), меланінсинтезувальних ($r = 0,524$) і полісахаридсинтезувальних бактерій ($r = 0,389$) (табл.2). Обернено вміст гумусу корелює із чисельністю іншої важливої групи продуцентів меланінів – меланінсинтезувальних мікроміцетів і чисельністю азотобактера. Це підтверджує висновок, що

був зроблений за вирощування соняшника: у чорноземі типовому гумус утворюється переважно за рахунок меланінів бактеріального походження [14].

Чисельність полісахаридсинтезувальних бактерій неістотно корелює із всіма показниками потенційної родючості, за виключенням вмісту гумусу. Крім того, чисельність полісахаридсинтезувальних бактерій корелює із чисельністю мікроміцетів (0,706), меланінсинтезувальних мікроміцетів (0,417), загальною чисельністю мікроорганізмів (0,351); ВФК амоніфікаторів (0,847), олігонітрофілів (0,449), кислотоутворювальних (–0,345), целюлозоруйнівних (0,473), мікроміцетів (0,645), актиноміцетів (–0,559), індексом педотрофності (–0,352), коефіцієнтом оліготрофності (0,778), коефіцієнтом мінералізації азоту (0,524), СБА (0,734); кількістю прямих середньозначимих зв'язків (0,380), загальною кількістю середньозначимих зв'язків (0,391), кількістю обернених високозначимих зв'язків (0,474), загальною кількістю зв'язків за варіантом (0,675). Оскільки полісахаридсинтезувальні бактерії мають відношення до процесу синтезу молекул гумусу і беруть участь у формуванні його стійкості до бактеріальної мінералізації [17], то зрозуміло виникнення зв'язку між вмістом гумусу і чисельністю полісахаридсинтезувальних бактерій.

Чисельність азотобактера корелює із чисельністю денітрифікаторів (–0,539), меланінсинтезувальних бактерій (0,506), педотрофів (0,425), автохтонних (0,973), меланінсинтезувальних мікроміцетів (0,352),

Таблиця 2. Коефіцієнти кореляції між показниками потенційної родючості чорнозему типового та чисельністю мікроорганізмів еколого-трофічних, систематичних та функціональних груп за вирощування сої

Показник	Амоніфікатори	Імобілізатори мінерального азоту	Олігонітрофіли	Азотобактер, % обростання грудочок ґрунту	Нітрифікатори	Меланінсинтезувальні бактерії	Педотрофи	Целюлозоруйнівні бактерії	Полісахаридсинтезувальні	Автохтонні	Актиноміцети	Мікроміцети	Меланінсинтезувальні мікроміцети	Кислотоутворювальні	Мобілізатори мінеральних фосфатів	Загальна чисельність
$pH_{\text{сол}}$	-0,305	-0,073	-0,615	0,568	-0,486	-0,381	-0,186	-0,086	-0,233	0,701	-0,471	-0,542	-0,232	-0,857	0,294	-0,303
Гідролітична к-ть	0,352	0,114	0,604	-0,539	0,489	0,423	0,229	0,150	0,210	-0,670	0,498	0,557	0,265	0,892	-0,225	0,349
Сума ввібраних основ	-0,559	-0,275	-0,547	0,338	-0,222	-0,631	-0,521	-0,272	-0,123	0,481	-0,721	-0,614	-0,229	-0,861	0,013	-0,550
Вміст N, мг/кг	-0,975	-0,826	-0,321	-0,395	0,335	-0,793	-0,917	-0,792	-0,099	-0,362	-0,894	-0,654	-0,367	-0,428	-0,783	-0,965
Вміст P_2O_5 , мг/кг	0,222	0,007	0,533	-0,470	0,010	0,314	0,288	-0,194	0,230	-0,605	0,564	0,430	-0,135	0,466	-0,463	0,223
Вміст K_2O , мг/кг	-0,739	-0,712	-0,285	-0,250	0,734	-0,469	-0,839	-0,449	-0,180	-0,253	-0,881	-0,440	0,165	0,027	-0,411	-0,735
Вміст гумусу, %	-0,837	-0,777	-0,586	-0,031	0,431	0,524	-0,786	-0,534	0,389	-0,513	-0,967	-0,686	-0,044	-0,278	-0,321	-0,839

кислотоутворювальних (-0,342), мобілізаторів мінеральних фосфатів (0,707), загальною чисельністю (0,324); ВФК олігонітрофілів (-0,492), педотрофів (0,746), целюлозоруйнівних (0,605), мікроміцетів (-0,536), полісахаридсинтезувальних (-0,466); індексом педотрофності (0,384), коефіцієнтом оліготрофності (-0,501), активністю мінералізації гумусу (0,444); із кількістю прямих середньозначимих зв'язків (0,342), гідролітичною кислотністю (-0,539), $pH_{\text{сол}}$ ($r = 0,568$), сумою увібраних основ (0,338), вмістом азоту (-0,395) та фосфору (-0,470). Тому, чисельність азотобактера у кореневмістному шарі ґрунту визначається, зокрема, величиною гідролітичної кислотності ґрунтового розчину, що підкреслює необхідність проведення вапнування. Встановлено також загальну закономірність розповсюдження вільноіснуючих азотофіксаторів: їхня діяльність і процес розмноження інгібуються вмістом азоту в ґрунті. І на прикладі вирощування соняшника не підтверджується висновок Мішустіна Є.М. [18] про те, що азотобактер є індикатором забезпечення ґрунту сполуками фосфору.

Отже результати багаторічних досліджень свідчать про те, що азотобактер, його чисельність, не є діагностичною групою на величину ефективної родючості ґрунту, коефіцієнт кореляції між врожайністю культури і кількістю азотобактера становить лише 0,174. Це робить за необхідне переглянути теорію, яку висунув у свій час Мішустін Є.М. із співавт. [18] і підкріплюють Шерстобоева О.В. і Федак Л.І. із співавт. наразі [19; 20].

Висновки

1. Встановлено, що основний обробіток ґрунту і дози мінеральних добрив впливають на чисельність меланінсинтезувальних мікроорганізмів у чорноземі типовому. Найбільшою кількістю меланінсинтезувальних бактерій характеризується ґрунт за застосування мілкового дискового обробітку на 10–12 см, середньою – за *no-till*-технології, найменшою кількістю – за використання оранки на 25–27 см.
2. Внесення мінеральних добрив у дозі $N_{16}P_{16}K_{16}$ призводить до збільшення чисельності меланінсинтезувальних бактерій у варіанті оранки в 1,54 раза, дискування – 2,35, *no-till*-технології – в 2,29 раза. Збільшення дози мінеральних добрив до $N_{30}P_{60}K_{65}$ сприяє посиленню чисельності меланінсинтезувальних бактерій

за оранки в 1,62 раза, за дискування – 2,29, за *no-till* -технології – в 4,58 раза.

3. На синтез гумусу у чорноземі типовому за вирощування сої значно впливають чисельність меланінсинтезувальних бактерій ($r = 0,524$), полісахаридсинтезувальних бактерій ($r = 0,389$),

нітрифікаторів ($r = 0,431$). Негативно на накопичення гумусу в процесі вирощування сої впливають чисельність амоніфікувальних мікроорганізмів, іммобілізаторів мінерального азоту, олігонітрофілів, педотрофів, автохтонних мікроорганізмів, актино- і мікроміцетів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Savarese, C., Drosos, M., Spaccini, R., Cozzolino, V., Piccolo, A. Molecular characterization of soil organic matter and its extractable humic fraction from long-term field experiments under different cropping systems. *Geoderma*. 2021. 383. 114700 DOI: 10.1016/j.geoderma.2020.114700.
2. Soil Humus Formation and its Functions in Agro-ecosystem In book: *Soil Ecology: The Basis of Sustainable Agriculture and Climate Change Mitigation*. 2018. (pp.13-26) Publisher: Write and Print Publications. Project: International Congress: ECOLOGICAL INTEGRITY AND ENVIRONMENTAL ETHICS: Living for a Sustainable Future, Pantnagar, India.
3. Pan, G. Smith, P., Pan, W. The role of soil organic matter in maintaining the productivity and yield stability of cereals in China Agriculture, *Ecosystems & Environment*. 2009. 129 (1–3). P. 344–348 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.10.008>.
4. Ping, Z., GuoHan, S., GenXing, P., LianQing, L., XuHuiv, Z. Role of chemical protection by binding to oxyhydrates in SOC sequestration in three typical paddy soils under long-term agro-ecosystem experiments from South China. *Geoderma*. 153 (1/2). 2009. P.52–60. DOI : 10.1016/j.geoderma.2009.07.018
5. Fisher, A., Wangpraseurt, D. A., Larkum, W.D., Johnson, M., Köhl, M., Chen, M., Wong, H.L., Burns B.P. Correlation of bio-optical properties with photosynthetic pigment and microorganism distribution in microbial mats from Hamelin Pool, Australia. *FEMS Microbiology Ecology*. 2019. 95 (1). P.219. DOI: <https://doi.org/10.1093/femsec/fiy219>.
6. Dornelas, J.C.M., Costa, M.C., Carmo, P.H.F., Paixão, V.M., Carvalho, V.S.D., Barreto, L.C., Garcia, Q. S., Bragança, G.P.P., Isaias, R.M.S., Brito, J.C.M. *Nicotiana benthamiana* as a model for studying *Cryptococcus*–plant interaction . *FEMS Microbiology Ecology*. 2022. 98(4). DOI: <https://doi.org/10.1093/femsec/fiac036>.
7. Tran-Ly, A.N. Reyes, C., Schwarze1, F.W.M.R., Ribera, J. Microbial production of melanin and its various applications. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2020. 36.P.170. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11274-020-02941-z>.
8. Reddy, G.S.N., Potrafka, R.M., Garcia-Pichel, F. *Modestobacter versicolor* sp. nov., an actinobacterium from biological soil crusts that produces melanins under oligotrophy, with emended descriptions of the genus *Modestobacter* and *Modestobacter multiseptatus* Mevs et al. 2000. *International J.of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2007. 57.9. P. 2014–2020. DOI: <https://doi.org/10.1099/ijs.0.64932-0>.
9. Ekblad, A., Wallander, H., Godbold, D. The production and turnover of extramatrical mycelium of ectomycorrhizal fungi in forest soils: role in carbon cycling. *Plant Soil*. 2013. 366. P.1–27.
10. Baskaran, P., Ekblad, A., Soucémarianadin, L., Hyvönen, R., Schleucher, J., Lindah, B. Nitrogen dynamics of decomposing Scots pine needle litter depends on colonizing fungal species. *FEMS Microbiology Ecology* . 2019. 95. P.6. DOI: <https://doi.org/10.1093/femsec/fiz059>.
11. Edwards, H.M., Cogliati, M., Kwenda, G., Fisher, M.C. The need for environmental surveillance to understand the ecology, epidemiology and impact of *Cryptococcus* infection in Africa. *FEMS Microbiology Ecology*. 2021. 97. P.7. DOI: <https://doi.org/10.1093/femsec/fiab093>.
12. *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Editors Kassem Alef, Paolo Nannipieri. Elsevier: Academy Press. 2010. 425 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-513840-6.X5014-9>.
13. Paul E.A. *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry*. 4th edn. Fort Collins: Elsevier Science. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2011-0-05497-2>.
14. Malynovska, I., Kaminskyi, V., Zadubynna, Ye., Kurhak, V., & Karpenko, V. The influence of agrotechnical measures on the number of melanin-synthesizing microorganisms. *Scientific Horizons*. 2023. 26(8). P. 52–61. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor8.2023.52>.
15. Rusakova, I.V. Biological properties of soddy-podzolic sandy loam soil with prolonged use of straw for fertilization. *Eurasian soil Science*. 2013. 12. P. 1485–1493. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0032180X13120101>.
16. Noar, J. D., Bruno-Bárcena J.M. *Azotobacter vinelandii*: the source of 100 years of discoveries and

many more to come. *Microbiology*. 2018. 164(4). P. 421–436. doi: 10.1099/mic.0.000643.

17. Иутинская Г.А. Микробная трансформация гликополимеров в интенсивно возделываемых почвах. Автореф. диссерт... докт. биол. наук. Киев. 1989. 48 с.
18. Малиновська І.М., Ткаченко М.А. Формування зв'язків між мікроорганізмами окремих груп сірого лісового ґрунту під впливом мінерального удобрення і вапнування. *Землеробство та рослинництво:*

теорія і практика. 2021. 2 (10). 24–33. doi: 10.54651/agri.2021.02.03.

19. Шерстобоева О.В., Федак Л.І., Чабанюк Я.В., Ольховецький С.І. Екологія бактерій роду *Azotobacter* в агрофітоценозі пшениці озимої за впливу різних агрозаходів. *Таврійський науковий вісник*. 2009. Вип. 67. С. 137 – 142.
20. Федак Л.І. Азотобактер в агрофітоценозі пшениці озимої. 2009. *Агроекологічний журнал*. № 3. С. 93 – 94.

REFERENCES

1. Savarese, C., Drosos, M., Spaccini, R., Cozzolino, V., Piccolo, A. (2021). Molecular characterization of soil organic matter and its extractable humic fraction from long-term field experiments under different cropping systems. *Geoderma*, 383, 114700. DOI: 10.1016/j.geoderma.2020.114700[in English].
2. Soil Humus Formation and its Functions in Agro-ecosystem (2018). In book: *Soil Ecology: The Basis of Sustainable Agriculture and Climate Change Mitigation* (pp.13-26) Publisher: Write and Print Publications. Project: International Congress: ECOLOGICAL INTEGRITY AND ENVIRONMENTAL ETHICS: Living for a Sustainable Future, Pantnagar, India [in English].
3. Pan, G. Smith, P., Pan, W. The role of soil organic matter in maintaining the productivity and yield stability of cereals in China (2009). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 129 (1–3),344–348. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.10.008> [in English].
4. Ping, Z., GuoHan, S., GenXing, P., LianQing, L., XuHuiv, Z. (2009) Role of chemical protection by binding to oxyhydrates in SOC sequestration in three typical paddy soils under long-term agro-ecosystem experiments from South China. *Geoderma*, 153 (1/2),52–60. DOI : 10.1016/j.geoderma.2009.07.018 [in English].
5. Fisher, A., Wangpraseurt, D. A., Larkum, W.D., Johnson, M., Kühl, M., Chen, M., Wong, H.L., Burns B.P. (2019). Correlation of bio-optical properties with photosynthetic pigment and microorganism distribution in microbial mats from Hamelin Pool, Australia. *FEMS Microbiology Ecology*, 95 (1), 219, <https://doi.org/10.1093/femsec/fiy219> [in English].
6. Dornelas, J.C.M., Costa, M.C., Carmo, P.H.F., Paixão, V.M., Carvalho, V.S.D., Barreto, L.C., Garcia, Q.S., Bragança, G.P.P., Isaias, R.M.S., Brito, J.C.M. (2022). *Nicotiana benthamiana* as a model for studying *Cryptococcus*–plant interaction . *FEMS Microbiology Ecology*, 98(4). DOI :<https://doi.org/10.1093/femsec/fiac036> [in English].
7. Tran-Ly, A.N. Reyes, C., Schwarze1, F. W. M. R., Ribera, J. (2020). Microbial production of melanin and its various applications. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 36:170. DOI :<https://doi.org/10.1007/s11274-020-02941-z> [in English].
8. Reddy, G.S.N., Potrafka, R.M., Garcia-Pichel, F. (2007). *Modestobacter versicolor* sp. nov., an actinobacterium from biological soil crusts that produces melanins under oligotrophy, with emended descriptions of the genus *Modestobacter* and *Modestobacter multi-septatus* Mevs et al. 2000. *International J.of Systematic and Evolutionary Microbiology*,57.9, 2014–2020. DOI :<https://doi.org/10.1099/ijs.0.64932-0> [in English].
9. Ekblad, A., Wallander, H., Godbold, D. (2013). The production and turnover of extramatrical mycelium of ectomycorrhizal fungi in forest soils: role in carbon cycling. *Plant Soil.*, 366,1–27[in English].
10. Baskaran, P., Ekblad, A., Soucémariadin, L., Hyvönen, R., Schleucher, J., Lindah, B. (2019). Nitrogen dynamics of decomposing Scots pine needle litter depends on colonizing fungal species. *FEMS Microbiology Ecology* , 95, 6. DOI : <https://doi.org/10.1093/femsec/fiz059> [in English].
11. Edwards, H. M., Cogliati, M., Kwenda, G., Fisher, M.C.(2021). The need for environmental surveillance to understand the ecology, epidemiology and impact of *Cryptococcus* infection in Africa. *FEMS Microbiology Ecology*, 97, 7. DOI : <https://doi.org/10.1093/femsec/fiab093> [in English].
12. *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. (2010). Editors Kassem Alef, Paolo Nannipieri. Elsevier: Academy Press. 425 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-513840-6.X5014-9> [in English].
13. Paul E.A. (2015) *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry*. 4th edn. Fort Collins: Elsevier Science. <https://doi.org/10.1016/C2011-0-05497-2> [in English].
14. Malynovska, I., Kaminskyi, V., Zadubynna, Ye., Kurhak, V., & Karpenko, V. (2023). The influence of agro-technical measures on the number of melanin-syn-

- thesizing microorganisms. *Scientific Horizons*, 26(8), 52–61. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor8.2023.52> [in English].
15. Rusakova, I.V. (2013). Biological properties of soddy-podzolic sandy loam soil with prolonged use of straw for fertilization. *Eurasian soil Science*, 12, 1485–1493. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0032180X13120101> [in English].
 16. Noar, J.D., Bruno-Bárcena J.M. (2018) *Azotobacter vinelandii*: the source of 100 years of discoveries and many more to come. *Microbiology*, 164(4), 421–436. doi: 10.1099/mic.0.000643 [in English].
 17. Iutinskaya G.A. (1989). Microbial transformation of glycopolymers in intensively cultivated soils. Abstract of dissertation... doctor of biol. sciences. Kyiv. 48p.
 18. Malinovskaya I.M., Tkachenko M.A. (2021). Formation of relationships between microorganisms of individual groups of gray forest soil under the influence of mineral fertilization and liming. *Agriculture and crop production: theory and practice*, 2 (10), 24–33. doi: 10.54651/agri.2021.02.03 [in Ukrainian].
 19. Sherstoboeva O.V., Fedak L.I., Chabanyuk Y.V., Olkhovetsky S.I. (2009). Ecology of bacteria of the genus *Azotobacter* in the agrophytocenosis of winter wheat under the influence of various agricultural measures. *Tavria Scientific Bulletin*, 67, 137–142 [in Ukrainian].
 20. Fedak L.I. (2009). *Azotobacter* in the agrophytocenosis of winter wheat. *Agroecological Journal*, 3, 93 – 94 [in Ukrainian].

Malynovska I.M., Tarasenko O.A.

Population of melanin-synthesizing microorganisms in typical chernozem under soybean cultivation

Aim. To determine the impact of key agricultural production factors on the distribution of melanin-synthesizing microorganisms, specifically the method of primary soil tillage and mineral fertilization. **Methods.** Field and laboratory studies were conducted using field and laboratory methods. The microbiological method was employed to determine the number of microorganisms and the physiological-biochemical activity of their cells, while the analytical method was used to assess the physicochemical characteristics of the soil. **Results.** The research results established that primary soil tillage affects the population of melanin-synthesizing microorganisms, including micromycetes, bacteria, and *Azotobacter*. In the variant without mineral fertilizers (control), the highest number of melanin-synthesizing bacteria was observed in soil subjected to disc tillage, whereas this number was 69.8% lower with No-till technology and 2.6 times lower with plowing. The application of mineral fertilizers at a rate of $N_{16}P_{16}K_{16}$ led to an increase in the number of melanin-synthesizing bacteria by 1.54 times under plowing, by 2.35 times under disc tillage, and by 2.29 times under No-till technology, which aligns with the data obtained for sunflower cultivation. Increasing the fertilizer dose to $N_{30}P_{60}K_{65}$ further stimulated the growth of melanin-synthesizing bacteria, with an increase of 1.62 times under plowing, 2.29 times under disc tillage, and 4.58 times under No-till technology. The population of melanin-synthesizing micromycetes was highest under No-till technology in the absence of fertilizers, while their average population, unlike melanin-synthesizing bacteria, was observed under plowing, and the lowest was recorded under shallow disc tillage. The distribution of *Azotobacter*, as a microorganism that synthesizes melanin, was influenced by both nitrogen fertilizer doses and the method of primary soil tillage. With an increase in fertilizer dose, the population of *Azotobacter* decreased by 3.07 times under No-till technology, whereas under plowing and disc tillage, its population remained minimal across all fertilizer doses. **Conclusions.** It was established that primary soil tillage and mineral fertilizer doses influence the population of melanin-synthesizing microorganisms in typical chernozem under soybean cultivation.

Key words: melanins, bacteria, micromycetes, azotobacter, humus, fraction, correlation.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Малиновська І.М., доктор сільськогосподарських наук, член-кореспондент НААН, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», e-mail: irina.malinovskaya.1960@ukr.net, ORCID: 0000-0001-5945-2042.

Тарасенко О.А., кандидат сільськогосподарських наук, Панфільська дослідна станція ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: sanenia@ukr.net.

Malynovska I.M., doctor of agricultural sciences, corresponding member of NAAS, NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: irina.malinovskaya.1960@ukr.net, ORCID: 0000-0001-5945-2042.

Tarasenko O.A., Candidate of Agricultural Sciences, Panfily research station NSC «Institute of Agriculture NAAS», e-mail: sanenia@ukr.net.

Надійшла 19.08.2025

ВПЛИВ РІЗНИХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА НА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ТА АГРОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ТЕМНО-СІРОГО ОПІДЗОЛЕНОГО ҐРУНТУ

Г.В. Давидюк, Л.І. Шкарівська, І.І. Клименко, Н.І. Довбаш, М.А. Кущук, В.В. Гірник
ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

Мета. Встановити вплив різних систем землеробства на фізико-хімічні та агрохімічні показники темно-сірого опідзоленого ґрунту в умовах північної частини Правобережного Лісостепу України. **Методи.** Полігонного моніторингу, польового дослідження, лабораторний та статистичний. **Результати.** За інтенсивної системи землеробства потенційна кислотність ґрунту знизилася до $pH_{\text{сол.}} 4,7$ (проти $pH_{\text{сол.}} 5,3$ за екстенсивної), а гідролітична кислотність зростає у 1,3 рази. За біологізованої і органічної систем $pH_{\text{сол.}}$ залишався на рівні 5,4, тоді як гідролітична кислотність була нижчою у 1,2–1,3 рази порівняно з екстенсивною. За застосування інтенсивної, біологізованої і органічної систем уміст гумусу підвищився на відносних 6,1–27,2 %, але рівень легкогідролізного азоту залишався дуже низьким (71,7 до 86,4 мг/кг). За інтенсивної системи уміст сполук рухомого фосфору та калію становив відповідно 299,4 і 200,0 мг/кг, за біологізованої – 205,9 і 114,9 мг/кг, за органічної – 182,0 і 108,7 мг/кг, за екстенсивної – 121,5 мг/кг і 102,2 мг/кг. **Висновки.** Встановлено, що за інтенсивної системи землеробства потенційна кислотність темно-сірого опідзоленого ґрунту знизилася у 1,1 рази, а гідролітична підвищилася в 1,3 рази порівняно з екстенсивною. Біологізована і органічна системи сприяли зниженню гідролітичної кислотності у 1,2 та 1,3 рази та підвищенню ступеня насичення основами до 87% і 86%, що забезпечувало стабілізацію фізико-хімічних властивостей ґрунту. За інтенсивної, біологізованої й органічної систем умісту гумусу зріс відповідно у 1,3, 1,1 і 1,1 рази, рухомих сполук азоту у 1,2, 1,1 і 1,1 рази, фосфору – 2,5, 1,7 і 1,5 рази, калію – 1,9, 1,1 і 1,1 рази порівняно з екстенсивною системою, що свідчить про підвищення родючості ґрунту.

Ключові слова: біогенні елементи, полігонний моніторинг, потенційна кислотність, родючість ґрунту, удобрення.

Вступ. В умовах сьогодення ґрунти України мають цілу низку таких проблем, як дуже висока розораність, дегуміфікація, зменшення вмісту рухомих поживних елементів, підкислення та інші, що не тільки знижує ефективність їх використання, а й природну здатність до відновлення родючості. Площі деградованих і малопродуктивних земель у складі орних земель коливаються від 6–7 до 10–12 млн га [1–2]. Зміна рівня родючості ґрунту значною мірою залежить від впливу систем землеробства, які застосовують за вирощування сільськогосподарських культур [3]. Дослідженню особливостей різних систем землеробства присвячені праці С.А. Балюка, Б.С. Носко, С.П. Танчика, С.С. Антонця, І.Д. Примака, О.Б. Панченка, М.К. Шикуди, І.А. Шувара, Г.А. Мазура, М.А. Ткаченка, Е.Г. Дегодюка, С.Е. Дегодюка та інших відомих науковців, але є багато

питань, які потребують вивчення. Зокрема, актуальним є встановлення особливостей поживного режиму темно-сірого опідзоленого ґрунту за різних систем землеробства в агроландшафті північної частини Правобережного Лісостепу України.

Мета досліджень. Встановити вплив різних систем землеробства на фізико-хімічні та агрохімічні показники темно-сірого опідзоленого ґрунту в умовах північної частини Правобережного Лісостепу України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед багатьох важливих функцій, які виконують сучасні системи землеробства є їх сприяння реалізації біологічно-генетичного потенціалу гібридів і сортів широкого спектра культур, забезпечення їх високої врожайності і якості, збереження родючості ґрунтів та послаблення шкідливої дії антропогенних чинників

на навколишнє природне середовище [4]. У світі перспектива розвитку землеробства одночасно пов'язана з його інтенсифікацією і екологізацією [5]. Надзвичайно актуальною проблемою на сьогодні є екологізація систем землеробства, тобто приведення їх у відповідність з екологічними законами [6]. Згідно з державним стандартом (ДСТУ 4691:2006), системою землеробства або рільництва називається комплекс технологічних, меліоративних, організаційно-економічних заходів, спрямованих на ефективне використання агрокліматичних ресурсів, відтворення родючості ґрунтів для отримання високих сталих урожаїв сільськогосподарських культур. За визначенням Ю.П. Манько та ін., система землеробства – це екологічно обґрунтований спосіб використання земної і сонячної енергії для виробництва рослинницької продукції, який об'єднує економічно обґрунтовані агротехнічні, меліоративні, організаційно-господарські заходи відтворення родючості ґрунту та охорони довкілля [7]. Під сучасним поняттям систем землеробства розуміють інтенсивне, високопродуктивне та одночасно стійке, ґрунтозахисне, енергоощадне, екологічно безпечне й економічно вигідне виробництво, яке здатне забезпечити зростання обсягів високоякісної продукції і розширене відтворення родючості ґрунту [8].

Інтенсивне землеробство забезпечує високу продуктивність сільськогосподарських культур, потребує порівняно меншої площі земель та значною мірою сприяє задоволенню постійно зростаючого попиту на харчові продукти. Однак, ця система значною мірою залежить від сільськогосподарських ресурсів, як-от вода, хімікати та енергія, що збільшує серйозні ризики у вигляді забруднення довкілля [9]. Інтенсивне науково обґрунтоване землеробство, адаптоване до нинішніх ринкових умов, потребує високопродуктивного використання придатних земель для вирощування найбільш цінних і високоврожайних культур, сортів та гібридів з обов'язковим врахуванням широкого запровадження ефективних заходів відтворення родючості ґрунту та найновітніших досягнень сільськогосподарської науки і передового досвіду [10].

Органічне землеробство вважається екологічно безпечним завдяки відмові від зовнішніх ресурсів, таких як мінеральні добрива чи пестициди [11]. За цієї системи, у результаті складної взаємодії між різними компонентами, управління родючістю спирається на довгостроковий інтегрований підхід, а не на більш

короткострокові, дуже цілеспрямовані рішення, поширені в традиційному сільському господарстві [12]. Потенційні переваги органічного виробництва виникають завдяки покращенню родючості ґрунту, вмісту органічних речовин та біологічної активності; кращій структурі ґрунту та зниженню схильності до ерозії; зменшенню забруднення внаслідок вимивання поживних речовин та пестицидів; а також покращенню біорізноманіття рослин і тварин [13].

Біологічну систему землеробства більшість науковців розглядають насамперед з позиції екології та поліпшення якості продукції. Крім того, її потрібно розглядати як окремий комплекс, в якому взаємопов'язані сівозмінна, системи обробітку ґрунту, удобрення й захист рослин та інші ланки системи землеробства, оскільки продуктивність агроєкосистеми може бути забезпечена лише завдяки синхронному вдосконаленню всіх її ланок [14]. Основним недоліком екстенсивних систем землеробства є низька врожайність культур [3].

Кожна система землеробства має свої переваги та недоліки щодо впливу на фізико-хімічні та агрохімічні показники ґрунту. Цей вплив визначається методами обробітку, застосуванням добрив, сівозмінною та іншими агротехнічними заходами. За інтенсивної системи землеробства може прискорюватися мінералізація гумусу, відбуватися підкислення ґрунту, вимивання поживних речовин з ґрунту, дисбаланс поживних елементів, накопичення в ґрунті біогенних елементів і політантів у надмірних кількостях.

Застосування органічної системи землеробства сприяє зростанню вмісту гумусу за рахунок регулярного внесення органіки та використання сидератів, підтримувannya оптимального рН, збільшенню доступності поживних речовин, активізації біологічної активності ґрунту, зменшенню вимивання поживних речовин, запобігає забрудненню ґрунту шкідливими речовинами.

Зниження родючості ґрунту через неправильне застосування систем землеробства може призводити до спаду врожайності, що загрожує продовольчій безпеці. Тому, проведення досліджень, що дозволяють виявити вплив систем землеробства на зміну родючості ґрунту є актуальним. Дослідження допомагають зрозуміти, які системи землеробства сприяють накопиченню або втраті гумусу, як вони впливають на динаміку поживних речовин, що дає можливість оптимізувати внесення добрив, запобігти деградації ґрунтів, зменшити потрапляння важких металів

і пестицидів у водні об'єкти та атмосферу, захищаючи біорізноманіття та здоров'я людини.

Отже, дослідження впливу систем землеробства на фізико-хімічні та агрохімічні властивості ґрунту є важливим для забезпечення сталості сільського господарства, збереження природних ресурсів, захисту навколишнього середовища та забезпечення продовольчої безпеки майбутніх поколінь.

Матеріали та методи досліджень. У 2021–2024 рр. польові експерименти проводили в умовах північної частини Правобережного Лісостепу України методом полігонного моніторингу у довгостроковому стаціонарному досліді відділу технологій зернових колосових культур, розміщеному у межах землекористування ННЦ «ІЗ НААН» (Фастівський р-н, Київська обл.). Сівозміна – зернова. Ґрунт дослідної ділянки – темно-сірий опідзолений легкосуглинковий. Порівнювали варіанти, які моделювали різні системи землеробства: екстенсивну, що передбачала лише періодичне внесення меліорантів та заорювання побічної продукції попередника, органічну – з внесенням меліорантів та органічних добрив у дозі 5 т/га соломи щороку, біологізовану – з внесенням органічних добрив (побічної продукції у перерахунку на 5 т/га соломи) та застосуванням N_{30} , а також інтенсивну систему землеробства, з внесенням мінеральних добрив на 1 га сівозмінної площі у дозі $N_{105,0}P_{86,3}K_{101,3}$. Проби темно-сірого опідзоленого ґрунту були відібрані на глибину 0–20 см. У досліді застосовували різні землеробські прийоми відповідно до вимог технологічних карт вирощуваних культур.

Для досліджень застосовували методики фізико-хімічного і хімічного аналізів, які виконували у лабораторії відділу агроєкології і аналітичних досліджень ННЦ «ІЗ НААН». У ґрунті визначали: рН сольовий – іонометрично, згідно ДСТУ ISO 10390:2007; гідролітичну кислотність – за методом Каппена в модифікації ЦІНАО (ДСТУ 7537:2014); суму ввібраних основ – титриметрично за методом Каппена–Гільковиця (ГОСТ 27821-88); уміст органічної речовини (гумус) – за методом Тюріна (ДСТУ 4289:2004); легкогідролізний азот – за методом Корнфілда після компостування ґрунту в чашках Конвея (ДСТУ 7863:2015); рухомі сполуки фосфору і калію за модифікованим методом Чирикова (ДСТУ 4115-2002).

Результати та їх обговорення. Вирощування сільськогосподарських культур за екстенсивної системи землеробства і періодичного проведення вапнування не призвело до істотних змін величини

обмінної кислотності. У середньому за 2021–2024 рр. цей показник був на рівні 5,3 одиниць рН (табл. 1). Гідролітична кислотність ґрунту водночас становила 1,86 м-екв/100 г ґрунту.

Запровадження інтенсивної системи землеробства призвело до зниження потенційної кислотності до 4,7 одиниць рН (середньокисла реакція ґрунтового розчину), порівняно до екстенсивної системи землеробства – рН 5,3 (слабокисла реакція ґрунтового розчину), а гідролітична кислотність підвищилась майже у 1,3 раза. Підкислення ґрунтового розчину може мати негативний вплив на зміну рухомості біогенів та токсикантів, активізувати процеси їх міграції, знизити активність біохімічних і мікробіологічних процесів, врожайність культур та підвищити ймовірність забруднення агроландшафту шкідливими речовинами.

За біологізованої і органічної систем землеробства рівень $pH_{\text{сол.}}$ становив 5,4 (слабокисла реакція ґрунтового розчину), а показники гідролітичної кислотності були нижчими відповідно у 1,2 та 1,3 раза порівняно до екстенсивної системи землеробства. Сума вбирних основ за всіх систем землеробства була на низькому від 9,3 до 9,6 м-екв/100 г ($V=5,5-11,5\%$). Ступінь насичення основами найвищим був за органічної і біологізованої систем землеробства і відповідно становив 87% та 86%, проти 84% за екстенсивної та 80% за інтенсивної систем землеробства. Отже, застосування органічної і біологізованої систем землеробства порівняно до інтенсивної, сприяло стабілізації фізико-хімічних показників темно-сірого опідзоленого ґрунту.

Гумус сприяє формуванню стійкої грудкувато-зернистої структури ґрунту, що поліпшує його водопроникність та водоутримувальну здатність, а також аерацію, є джерелом поживних речовин, підвищує буферну здатність ґрунту, є енергетичним і живильним матеріалом для ґрунтових мікроорганізмів, які відіграють ключову роль у колообігу поживних речовин. Уміст органічної речовини, у перерахунку на гумус, у темно-сірому опідзоленому ґрунті за всіх систем землеробства не перевищував низького рівня забезпеченості та був у межах 1,47–1,87 %. Однак за застосування інтенсивної, біологізованої і органічної систем землеробства відмічено тенденцію до збільшення вмісту гумусу у ґрунті на відносних 6,1–27,2 %, або у 1,1–1,3 раза.

Азот є критично важливими для росту й розвитку рослин, зокрема для формування білків і хлорофілу,

Таблиця 1. Вплив різних систем землеробства на фізико-хімічні показники темно-сірого опідзоленого ґрунту, середнє за 2021–2024 рр.

Система землеробства	Інтенсивна	Біологізована	Органічна	Екстенсивна
Гумус, %	1,87	1,68	1,56	1,47
Коефіцієнт варіації, V, %	8,1	5,5	4,6	5,8
pH _{сол.}	4,7	5,4	5,4	5,3
Коефіцієнт варіації, V, %	2,7	2,7	1,5	2,7
Гідролітична кислотність, м-екв/100 г	2,34	1,54	1,41	1,86
Коефіцієнт варіації, V, %	21,3	25,7	25,9	25,8
Сума вбирних основ, м-екв/100 г	9,3	9,6	9,6	9,5
Коефіцієнт варіації, V, %	5,5	9,3	9,8	11,5
Ступінь насичення основами, %	80	86	87	84
Коефіцієнт варіації, V, %	4,89	4,01	3,53	3,75

Таблиця 2. Вплив різних систем землеробства на агрохімічні показники темно-сірого опідзоленого ґрунту, мг/кг, середнє за 2021–2024 рр.

Система землеробства	Інтенсивна	Біологізована	Органічна	Екстенсивна
Легкогідролізний азот, N	86,4	77,0	75,5	71,7
Коефіцієнт варіації, V, %	8,0	11,1	8,3	9,4
Рухомий фосфор, P ₂ O ₅	299,4	205,9	182,0	121,5
Коефіцієнт варіації, V, %	9,8	8,7	11,8	21,2
Рухомий калій, K ₂ O	200,0	114,9	108,7	102,2
Коефіцієнт варіації, V, %	4,2	4,6	3,9	1,4

забезпечує інтенсивний ріст вегетативної маси та високу продуктивність культур. Легкогідролізний азот є важливим показником, кількість якого в ґрунті вказує на наявність запасів азоту, які можуть бути використані рослинами впродовж вегетаційного періоду. Ступінь забезпеченості ґрунту сполуками легкогідролізного азоту у досліджуваних системах землеробства був дуже низьким від 71,7 до 86,4 мг/кг (V=8,0–11,1 %) навіть за інтенсивного землеробства (табл. 2). Це може бути обумовлено швидкістю його використання рослинами впродовж вегетації та втратами з ґрунту. Слід зауважити, що за інтенсивної, біологізованої й органічної систем землеробства уміст рухомих сполук азоту був вищим у 1,1–1,2 раза порівняно до екстенсивної системи землеробства.

Як відомо, фосфор необхідний для формування кореневої системи рослин, цвітіння та дозрівання зерна, підвищує посухо- та холодостійкість, необхідний для енергетичного обміну у складі АТФ. Калій регулює водний режим рослин, активує ферменти та бере участь у процесі фотосинтезу, збільшує накопичення цукрів і крохмалю у продукції, а також підвищує

стійкість рослин до хвороб та вилягання. Внесення мінеральних добрив за інтенсивної системи землеробства мало певний вплив на вміст рухомих сполук фосфору та калію. Так, застосування дози N_{105,0}P_{86,3}K_{101,3} забезпечило дуже високий уміст сполук рухомих форм фосфору та калію, відповідно 299,4 (V=9,8 %) і 200,0 мг/кг (V=4,2 %), що перевищує оптимальний рівень їх умісту в опідзолених ґрунтах та вище відповідно у 2,5 і 1,9 раза порівняно з екстенсивною системою землеробства. За біологізованої системи з внесенням органічних добрив (побічної продукції у перерахунок на 5 т/га соломи) та застосуванням N₃₀ відмічено дуже високий уміст сполук рухомого фосфору – 205,9 мг/кг (V=8,7 %) і підвищений уміст – 114,9 мг/кг сполук рухомого калію (V=4,6 %). Застосування органічної системи землеробства, яка передбачала періодичне внесення меліорантів та щорічне заробляння побічної продукції в дозі еквівалентній 5 т/га соломи забезпечило високий уміст – 182,0 мг/кг сполук рухомого фосфору (V=11,8 %) і підвищений уміст – 108,7 мг/кг сполук рухомого калію (V=3,9 %). Це сприяло зростанню рухомих сполук фосфору і калію в ґрунті за

біологізованої і органічної систем землеробства порівняно з екстенсивною системою відповідно в 1,7 і 1,1 раза та 1,5 і 1,1 раза, що свідчить про збільшення запасу сполук рухомого фосфору і калію в орному шарі ґрунту. Найнижчі показники відмічено за екстенсивної системи землеробства, відповідно 121,5 мг/кг рухомого фосфору і 102,2 мг/кг рухомого калію, але вони відповідали підвищеному рівню забезпеченості ґрунтів цими сполуками. Цьому сприяв незначний їх винос із ґрунту, зумовлений низьким врожаєм сільськогосподарських культур, що вирощували за цієї системи, заорювання побічної продукції попередника та періодичне вапнування.

Висновки

Встановлено, що в умовах стаціонарного дослідження у північній частині Правобережного Лісостепу

запровадження інтенсивної системи землеробства знижувало потенційну кислотність ґрунту в 1,1 раза і підвищувало гідролітичну в 1,3 раза порівняно з екстенсивною. За біологізованої і органічної систем гідролітична кислотність була нижчою відповідно у 1,2 та 1,3 раза, а ступінь насичення основами найвищим – 87% і 86% (проти 84% за екстенсивної й 80% за інтенсивної). Отже, біологізована і органічна системи землеробства забезпечують стабілізацію фізико-хімічних властивостей темно-сірого опідзоленого ґрунту.

За інтенсивної, біологізованої й органічної систем землеробства відмічено зростання умісту гумусу відповідно у 1,3, 1,1 і 1,1 раза, рухомих сполук азоту у 1,2, 1,1 і 1,1 раза, фосфору – 2,5, 1,7 і 1,5 раза, калію – 1,9, 1,1 і 1,1 раза порівняно з екстенсивною системою, що свідчить про підвищення родючості ґрунту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Балюк С.А. Ґрунтові ресурси України : стан і заходи їх поліпшення. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 6. С. 5–10.
2. Балюк С.А., Медведєв В.В., Мірошніченко М.М. Управлінню ґрунтово-земельними ресурсами – державну підтримку. *Вісн. аграр. науки*. 2009. № 4. С. 10–12.
3. Бойко П.І., Мартинюк І.В., Цимбал Я.С. Становлення сівозмінних принципів у системах землеробства. *Вісник аграрної науки*. 2021., № 3 (816). С. 5–13.
4. Артёмов М. Сучасні проблеми і напрямки розвитку систем землеробства в Україні. *Науковий журнал «Інженерія природокористування»*. 2020. 2(12). 60–65. URL: <http://journal.khntusg.com.ua/index.php/enm/article/view/171>.
5. Примак І.Д., Войтовик М.В. Родючість ґрунту і системи землеробства у контексті сталого розвитку, нової біосферної парадигми природокористування і закону ноосфери В.І. Вернадського. *Агробіологія*. 2014. №. 2. С. 5–13.
6. Примак І.Д., Присяжнюк Н.М., Федорук Ю.В., Войтовик М.В., Палапа Н.В., Нагорнюк О.М. Періодизація еволюції вчення про системи землеробства в Україні у контексті розвитку систем сільського господарства. *Збалансоване природокористування*. 2023. № 2. С. 57–68. Doi: 10.33730/2310-4678.2.2023.282757.
7. Манько Ю.П., Танчик С.П., Примак І.Д. Зміст сучасних систем землеробства в Україні та пропозиції щодо їх класифікації. *Вісник аграрної науки*. Грудень 2015. С. 17–21.
8. Єщенко В.О., Карнаух О.Б., Усик С.В. Історія розвитку і класифікація сучасних систем землеробства. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 116. Частина 1. С. 47–53. DOI :<https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.116.1.6>.
9. Li Xiong, Farooq Shah, Wei Wu. Environmental and socio-economic performance of intensive farming systems with varying agricultural resource for maize production. *Science of The Total Environment*. 2022. Vol. 850. 158030. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158030>.
10. Присяжнюк М.В. Історія розвитку землеробства як галузі та науки. Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН». 2013. Вип. 1–2. С. 174–182. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpzeml_2013_1-2_26.
11. Jens Leifeld. How sustainable is organic farming? *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2012. Vol. 150. P. 121–122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.01.020>.
12. Watson C.A. et al. Managing soil fertility in organic farming systems. *Soil use and management*. 2002. Vol. 18. P. 239–247. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2002.tb00265.x>.
13. Nemes N. Comparative analysis of organic and non-organic farming systems: A critical assessment of farm profitability. *Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome*. 2009. P. 33.
14. Бомба М.Я. Біологічне землеробство: стан та перспективи розвитку. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2016. Вип. 59. С. 9–17.

REFERENCES

- Baliuk, S.A. (2010). Soil resources of Ukraine: status and measures for their improvement. *Bulletin of Agricultural Science*, 6, 5–10 [in Ukrainian].
- Baliuk, S.A., Medvediev, V.V., & Miroshnychenko, M.M. (2009). Soil and land resources management – state support. *Bulletin of Agricultural Science*, 4, 10–12 [in Ukrainian].
- Boiko, P.I., Martyniuk, I.V., & Tsymbal, Ya.S. (2021). Formation of crop-rotation principles in agricultural systems. *Bulletin of Agricultural Science*, 3(99), 5–13. doi : 10.31073/agrovisnyk202103-01 [in Ukrainian].
- Artiomov, M.P. (2020). Modern problems and directions of landmarking in Ukraine. *Scientific journal «Engineering of nature management»*, 2(12), 60–65. URL: <http://journal.khntusg.com.ua/index.php/enm/article/view/171> [in Ukrainian].
- Prymak, I.D., & Voitovyk, M.V. (2014). Soil fertility and agricultural systems in the context of sustainable development, the new biospheric paradigm of nature management and the law of the noosphere by V.I. Vernadskoho. *Agrobiology*, 2, 5–13 [in Ukrainian].
- Prymak, I.D., Prysiazhniuk, N.M., Fedoruk, Yu.V., Voitovyk, M.V., Palapa, N.V., & Nagorniuk, O.M. (2023). Periodization of the evolution of science about agricultural systems in Ukraine in the context of agricultural systems development. *Balanced nature using*, 2, 57–68. doi : 10.33730/2310-4678.2.2023.282757 [in Ukrainian].
- Manko, Yu.P., Tanchyk, S.P., & Prymak, I.D. (2015). Content of modern systems of farming agriculture in Ukraine and suggestions for their classification. *Bulletin of Agricultural Science*, 12(93), 17–21 [in Ukrainian].
- Yeshchenko, V.O., Karnauh, O.B., & Usyk, S.V. (2020). History of the development and classification of modern farming systems. *Taurian Scientific Herald*, 1(116), 47–53. doi: 10.32851/2226-0099.2020.116.1.6 [in Ukrainian].
- Xiong, L., Shah, F., & Wu, W. (2022). Environmental and socio-economic performance of intensive farming systems with varying agricultural resource for maize production. *Science of The Total Environment*, 850, 158030. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158030> [in English].
- Prysiashniuk, M.V. (2013). History of the development of agriculture as an industry and science. *Collection of scientific works of the National Scientific Center “Institute of Agriculture of NAAS”*, 1-2, 174–182. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/zn-pzeml_2013_1-2_26 [in Ukrainian].
- Leifeld, J. (2012). How sustainable is organic farming? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 150, 121–122. doi : 10.1016/j.agee.2012.01.020 [in English].
- Watson, C.A., Atkinson, D., Gosling, P., Jackson, L.R., & Rayns, F.W. (2002). Managing soil fertility in organic farming systems. *Soil use and management*, 18, 239–247. doi : 10.1111/j.1475-2743.2002.tb00265.x [in English].
- Nemes, N. (2009). Comparative analysis of organic and non-organic farming systems: A critical assessment of farm profitability. *Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome*, 33 [in English].
- Bomba, M.Ia. (2016). Biological farming: status and development prospects. *Foothill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, 59, 9–17 [in Ukrainian].

Davydiuk H.V., Shkarovskaya L.I., Klymenko I.I., Dovbash N.I., Kushchuk M.A., Hirnyk V.V.

The impact of different agricultural systems on the physical-chemical, and agrochemical characteristics of dark-gray podzolic soil

Aim. To determine the influence of different farming systems on the physical-chemical, and agrochemical indicators of dark-gray podzolic soil in the northern part of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** Polygon monitoring, field experiments, laboratory, and statistical methods. **Results.** Under intensive farming, the potential acidity of the soil decreased to pH sol. 4.7 (compared to pH sol. 5.3 under extensive farming), and hydrolytic acidity increased 1.3 times. Under biological and organic farming systems, the pH remained at 5.4, while hydrolytic acidity was 1.2–1.3 times lower than under extensive farming. With the use of intensive, biologized, and organic systems, the humus content increased by a relative 6.1–27.2%, but the level of easily hydrolyzable nitrogen remained very low (71.7 to 86.4 mg/kg). Under the intensive system, the content of mobile phosphorus and potassium compounds was 299.4 and 200.0 mg/kg, respectively, under the biologized system – 205.9 and 114.9 mg/kg, under the organic system – 182.0 and 108.7 mg/kg, and in the extensive system, they were 121.5 mg/kg and 102.2 mg/kg, respectively. **Conclusions.** It has been established that under intensive farming, the potential acidity of dark-gray podzolic soil decreased by 1.1 times, while hydrolytic acidity increased by 1.3 times compared to

extensive farming. Biological and organic systems contributed to a 1.2- and 1.3-fold decrease in hydrolytic acidity and an increase in base saturation to 87% and 86%, respectively, which ensured the stabilization of the physico-chemical properties of the soil. With intensive, biologized, and organic systems, the humus content increased by 1.3, 1.1, and 1.1 times, respectively, mobile nitrogen compounds by 1.2, 1.1, and 1.1 times, phosphorus by 2.5, 1.7, and 1.5 times, potassium – 1.9, 1.1, and 1.1 times compared to the extensive system, which indicates an increase in soil fertility.

Key words: biogenic elements, polygon monitoring, potential acidity, soil fertility, fertilization.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Давидюк Г.В., канд. с.-г. наук, с.н.с., завідувач відділу агроєкології і аналітичних досліджень, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: anndavydiuk@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3877-2837.

Шкарівська Л.Л., канд. с.-г. наук, с.н.с., провідний науковий співробітник, відділ агроєкології і аналітичних досліджень, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: Luda_Shkarivska@i.ua, ORCID: 0000-0002-4928-3238.

Клименко І.І., канд. с.-г. наук, старший науковий співробітник, відділ агроєкології і аналітичних досліджень, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: Ira_Klimenko@i.ua, ORCID: 0000-0001-9449-7377.

Davydiuk H.V., Cand. of Agricultural Sciences (Ph. D.), Senior Researcher, Head of the Department of Agroecology and Analytical Research, NSC «Institute of Agriculture of the NAAS», e-mail: anndavydiuk@gmail.com; ORCID: 0000-0002-3877-2837

Shkarivska L.L., Cand. of Agricultural Sciences (Ph. D.), Leading Researcher, Department of Agroecology and Analytical Research, NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: Luda_Shkarivska@i.ua, ORCID: 0000-0002-4928-3238

Klymenko I.I., Cand. of Agricultural Sciences (Ph. D.), Senior Researcher Officer, Department of Agroecology and Analytical Research, NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: Ira_Klimenko@i.ua, ORCID: 0000-0001-9449-7377

Довбаш Н.І., канд. с.-г. наук, старший науковий співробітник, відділ агроєкології і аналітичних досліджень, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: Nadezda_D@ukr.net, ORCID: 0000-0002-4741-2657.

Кушук М.А., науковий співробітник, відділ агроєкології і аналітичних досліджень, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: marinakushyk@gmail.com; ORCID: 0000-0002-3956-4423.

Гірник В.В., науковий співробітник, відділ агроєкології і аналітичних досліджень, ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: Girvik65@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4256-6857.

Dovbash N.I., Cand. of Agricultural Sciences (Ph. D.), Senior Researcher Officer, Department of Agroecology and Analytical Research, NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: Nadezda_D@ukr.net, ORCID: 0000-0002-4741-2657

Kushchuk M.A., researcher, Department of Agroecology and Analytical Research, NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: marinakushyk@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3956-4423

Hirnyk V.V., researcher, Department of Agroecology and Analytical Research, NSC «Institute of Agriculture of NAAS», e-mail: Girvik65@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4256-6857

Надійшла 10.09.2025

СУЧАСНИЙ СТАН ВИРОБНИЦТВА ХМЕЛЮ В СВІТІ ТА УКРАЇНІ

О.С. Дем'янюк, В.В. Таєнчук

Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

Мета. Проаналізувати динаміку виробництва хмелю, площі насаджень, сортовий ресурс, урожайність та валовий збір хмелепродукції у світі й Україні за 2014–2024 рр., визначити місце України у світовому виробництві хмелю та перспективи розвитку вітчизняної галузі хмелярства. **Методи.** Для дослідження використано методи порівняння, узагальнення та аналізу статистичних даних. **Результати.** Результати показали, що світове виробництво хмелю зосереджено в обмеженій кількості провідних країн і регіонів, де поєднуються сприятливі кліматичні умови та сучасні технології вирощування. У 2024 р. до 5-ки лідерів за обсягами виробництва та площами насаджень входили Німеччина, США, Китай, Чеська Республіка та Польща, на які припадало 89,3% світового виробництва хмелю на площі майже 49 тис. га (85,8% світових площ). Україна посіла 20-ту позицію серед 25 основних виробників із часткою 0,14% світового виробництва. В Україні хміль традиційно вирощують у зоні Полісся і Лісостепу. За період 1990–2024 рр. площі вирощування хмелю зменшилися від 7,4 тис. га до 0,3 тис. га, тобто майже в 25 разів. Цей обсяг забезпечує лише 20% потреби вітчизняних пивоварних компаній, решта імпортується. Останніми роками загальна площа посівів хмелю в Україні становила 300–400 га, а валове виробництво у 2020–2024 рр. сягало 250–530 т із середньою врожайністю 8,2–13,8 ц/га. Останніми роками вітчизняний ринок демонструє зниження попиту на хмелепродукцію, що пов'язано з відсутністю ефективної мережі збуту, обмеженим асортиментом адаптивних сортів, суворими вимогами до якості продукції на міжнародному ринку, а також наслідками широкомасштабного вторгнення РФ. **Висновки.** Незважаючи на коливання площ та обсягів виробництва, світова галузь хмелярства демонструє здатність до адаптації та стабільного забезпечення пивоварної промисловості та інших галузей високоякісною сировиною, що визначає її стратегічне значення у сучасному рослинництві. Зростання світового ринку хмелю зумовлює активне поширення культури у нові регіони, що відкриває перспективи для міжнародної торгівлі та розвитку інноваційних методів вирощування хмелю та отримання високоякісної хмелепродукції. В Україні є всі можливості забезпечити розвиток галузі хмелярства, проте необхідна державна підтримка щодо розроблення та впровадження інноваційних, екологічно безпечних технологій вирощування і переробки хмелю, системи захисту хмеленасаджень та розвитку технологій органічного вирощування.

Ключові слова: *Humulus lupulus L.*, виробництво хмелю, хмелярство України, ринок хмелю, аграрне виробництво, тенденції розвитку хмелярства.

Вступ. Хміль звичайний (*Humulus lupulus L.*) – дводомна багаторічна витка рослина, що належить до родини *Cannabaceae* і походить з північного помірного клімату [1; 2]. Вирощування хмелю має багатовікову історію і традиції, що тісно пов'язано з розвитком сільського господарства та пивоваріння.

Нині хмелярство – важлива галузь у світовому сільському господарстві, яка потенційно може

забезпечити сільськогосподарським товаровиробникам стабільні економічні доходи. Продукція хмелярства має широкий спектр застосування, насамперед у пивоварінні, а також у фармакології, парфумерії, харчовій промисловості та косметології, що підкреслює її стратегічне значення як сировини з високою доданою вартістю [2; 3]. Промислово вирощують лише жіночі рослини, оскільки їхні суцвіття – стробіли

(або, частіше, шишки або «хміль») – характеризуються високим вмістом біологічно активних сполук. До основних компонентів, що визначають якість сировини та її технологічні властивості, належать вміст ефірних олій, гіркі кислоти, смоли та поліфенольні речовини. Ці складові забезпечують специфічні органолептичні та фармакологічні властивості хмелю, що робить його незамінним компонентом у багатьох галузях промисловості.

Зростаюча популярність крафтового пива та інтерес до натуральної медицини розширюють межі використання сортів хмелю. Шишки хмелю містять лупулінові залози, розташовані біля основи приквітків, які виробляють гіркі фенольні сполуки, включаючи пренільовані халкони, як-от ксантогумол, α -кислоти (гумулони), β -кислоти (лупулони) й ефірні олії, багаті на монотерпени та сесквітерпени, які відповідають за хмільний аромат пива. Пивоварна цінність хмелю визначається вмістом α -кислот, яка сприяє гіркоті, та складом ефірних олій, що визначають його аромат.

Хоча хміль переважно відомий як один із чотирьох інгредієнтів пива, його спочатку використовували як лікарську рослину [4; 5]. Оскільки майже всі частини рослини багаті на біоактивні сполуки, такі як гіркі кислоти та флавоноїди, що мають потужну антимікробну, антиоксидантну та протигрибкову активність [6–8]. Ці особливості в поєднанні зі зростанням інтересу до природних речовин, що сприяють здоров'ю людини, відкривають нові перспективи для розвитку хмелярства [9].

Мета – проаналізувати динаміку виробництва хмелю, площі насаджень, сортовий ресурс, урожайність та валовий збір хмелепродукції у світі й Україні за 2014–2024 рр., визначити місце України у світовому виробництві хмелю та перспективи розвитку вітчизняної галузі хмелярства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед багатьох рослин, які протягом століть використовують для ароматизації та консервування пива, лише хміль (*Humulus lupulus* L.) і донині зберіг своє стратегічне значення та вважається ключовою сировиною у пивоварній промисловості на світовому рівні. Нині пивоварна промисловість використовує до 98% виробленого хмелю в усьому світі [7].

Результати філогенетичного аналізу підтвердили, що зі своєї ймовірної батьківщини Китаю хміль мігрував на захід через Кавказькі гори і досяг європейського континенту близько мільйон років тому [10].

Вирощування хмелю для пивоваріння зародилося в Північній півкулі, насамперед у регіонах Східної Європи, зокрема навколо Богемії, Словенії та Баварії, і набуло систематичного розвитку до XIII ст. Згодом ця культура поширилася на більшість європейських країн, формуючи основу сучасного хмелярства. Протягом останніх 40 років спостерігається значне поширення видів обробленого хмелю або хмелепродуктів, які пропонують пивоварам низку економічних, технологічних та якісних переваг порівняно з використанням цільного хмелю, що дає змогу ефективніше контролювати аромат, гіркоту, піну та світлостійкість пива. Тому нині сучасне хмелярство розглядають як одну з найприбутковіших галузей рослинництва у світовому масштабі, що зумовлено зростанням попиту на високоякісні сорти пива, розвитком інноваційних технологій обробки хмелю та глобальними тенденціями здорового способу життя [11]. В умовах підвищеної уваги до натуральних компонентів і біологічно активних речовин, хміль постає не лише як технологічна, але й як функціональна сировина, здатна забезпечувати додаткову цінність продукту.

Матеріали та методи досліджень. За використання методів порівняння та узагальнення проведено аналіз статистичних даних Державної служби статистики України, Міністерства сільського господарства США, наукових публікацій, зокрема, динаміки площ насаджень хмелю, врожайності та валових зборів у світі та Україні. Обрахунок статистичних даних виконано з використанням сучасних комп'ютерних програм.

Результати та їх обговорення. Згідно з даними Cognitive Market Research, обсяг світового ринку хмелю у 2024 р. оцінювали в 7 815,6 млн дол. США і за прогнозами досягне 12 550,15 млн дол. США до 2031 р., за середньорічного темпу зростання (CAGR) 7,1% [12].

Аналіз звітів Економічної комісії Міжнародної конвенції хмелярів (International Hop Growers' Convention, IHGC) за останні 10 років свідчить про стійке зростання обсягів світового виробництва хмелю. Зокрема, у 2024 р. виробництво хмелю досягло 113,26 тис. т, що на 18,4% більше порівняно з 2014 р. (рис. 1). Це свідчить про стабільний попит на хмелепродукцію, зокрема в пивоварній промисловості.

Згідно з даними рис. 1, світове виробництво хмелю впродовж 2015–2019 рр. демонструвало стійку позитивну динаміку. За цей час обсяг світового

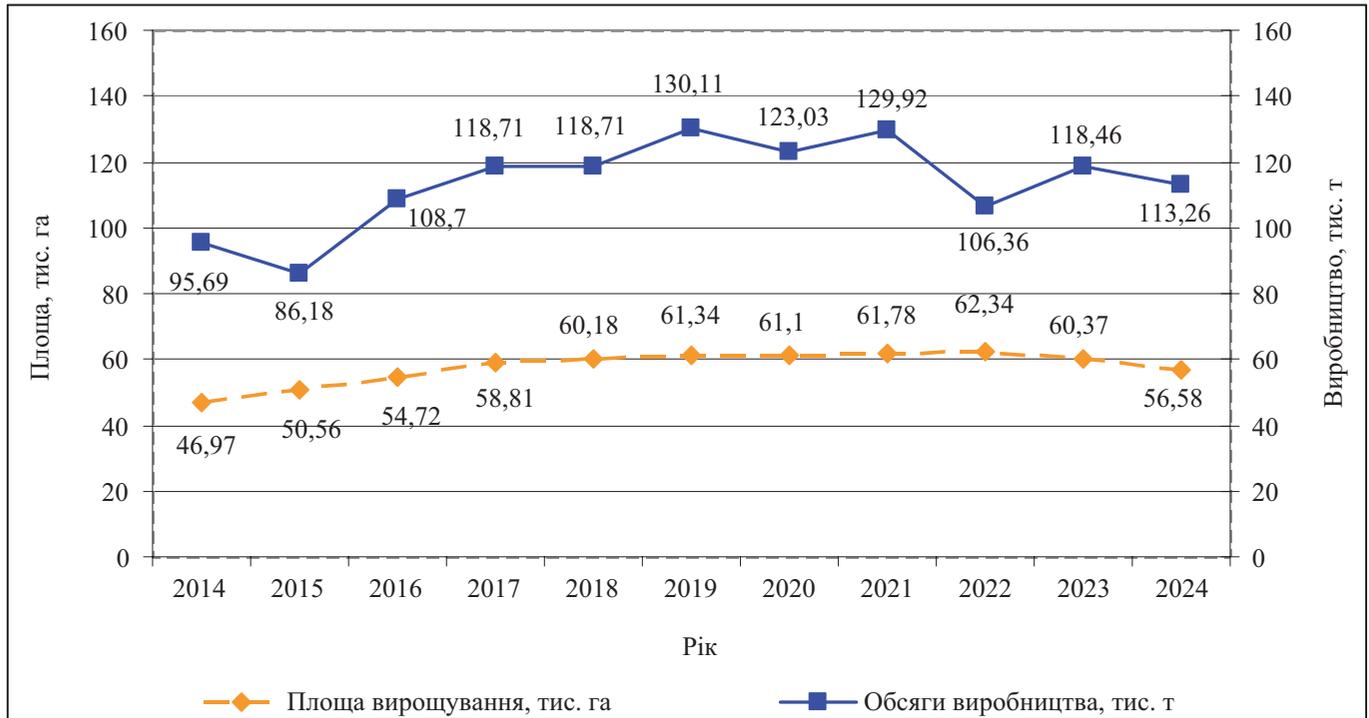


Рис. 1. Статистика світового виробництва хмелю, 2014–2024 рр.

Примітка. Сформовано авторами за даними [13].

виробництва хмелю збільшився майже на 51%, досягнувши 130,11 тис. т на рік, що свідчить про зростаючий попит на високоякісну сировину та удосконалення технологій вирощування. Втім з 2020 р. виробництво хмелю не мало стабільного рівня і коливалося за роками від 106,36 до 129,92 тис. т на рік залежно від економічних та кліматичних чинників. Аналогічно, площі під хмелем також мали динамічний характер за роками. Так, у 2022 р. площі під хмелем у світі зросли на 32,7% порівняно з 2014 р., досягнувши 62,34 тис. га. Проте вже у 2024 р. фіксується їхнє зменшення на 9,2%, що відображає структурні зміни у галузі, включаючи скорочення виробництва у певних регіонах та перехід на ефективніші технології.

Незважаючи на зменшення площ, обсяги світового виробництва хмелю залишаються на стабільному рівні завдяки підвищенню врожайності, передусім у провідних виробничих країнах, як-от Німеччина та США. Водночас вплив кліматичних чинників, зокрема посухи у низці регіонів світу, та нестабільна геополітична ситуація призвели до зменшення світового виробництва хмелю у 2022 р. на 23,56 тис. т (або на 18%) порівняно з попереднім роком і в 2024 р. на 5,2 тис. т відповідно. Крім того, виробництво альфа-кислот, які є важливим показником технологічної цінності хмелю для пивоваріння,

у 2024 р. зросло на 5,3%, досягнувши 13,00 тис. т проти 12,35 тис. т у 2023 р. Це свідчить про ефективність селекційних та агротехнічних заходів, спрямованих на підвищення якості хмелю, а також про адаптацію галузі до нестабільних кліматичних та економічних умов.

Існує лише кілька регіонів у світі, придатних для промислового вирощування сортового хмелю, оскільки для ефективного вирощування та отримання якісної конкурентоспроможної хмелепродукції необхідне одночасне поєднання багатьох природно-кліматичних та технологічних чинників [14; 15]. Передусім, вирощування хмелю визначається фотоперіодичними потребами рослини: промислове виробництво можливе лише в межах певних широт. Найнижчі широти, придатні для цього, становлять приблизно 34–35° у обох півкулях, проте навіть у цих регіонах існують обмеження через недостатню тривалість дня. Крім того, для оптимального росту, врожайності та якості шишок рослинам хмелю потрібні особливі умови, такі як низькі температури повітря під час спокою, м'яка температура навесні, достатня кількість вологи протягом усього сезону та суха погода під час збору врожаю.

Історично вирощування хмелю на території Європи розвивалося як у континентальних, так і в помірних регіонах, що характеризуються вологим

континентальним та океанічним кліматом відповідно. Традиційними європейськими районами виробництва хмелю є Халлертау в Німеччині, Жатецький регіон у Чеській Республіці, Кент на Південному Сході Англії, Люблінський регіон у Східній Польщі, Савінська долина, Птуй та Корошка регіон у Словенії, Ельзас у Франції, район Поперінге в Бельгії [3; 16]. Ці райони відзначаються сприятливими кліматичними умовами для формування високоякісних шишок, що визначає їх значення на світовому ринку хмелю.

Починаючи з XIX ст. британці запровадили вирощування хмелю у своїх колоніях, зокрема у Південній Африці, Австралії та Новій Зеландії. Приблизно в 1860 р. культура була завезена до Китаю та Кореї, а у 1876 р. у Японії розпочали вирощування американських і німецьких сортів хмелю. Тобто відбулось поступове глобальне розповсюдження культури та її адаптація до різноманітних кліматичних умов, що стало основою для розвитку сучасного міжнародного ринку хмелепродукції.

На територію Південної Америки хміль було завезено приблизно у 1850 р. і нині його промислово вирощують в Аргентині, Чилі та Бразилії. Зокрема, Бразилія, яка є одним із трьох найбільших виробників пива у світі, донедавна майже всю сировину для пивоваріння імпортувала з інших країн. Однак упродовж останнього десятиліття виробництво хмелю в Бразилії значно зросло завдяки розвитку нових крафтових пивоварень, які потребують диверсифікованої сировини для виготовлення різних сортів пива. Крім того, цей процес стимулювався розробкою адаптованих агротехнологій, селекційними роботами зі схрещування сортів для генетичного покращання та підвищення здатності рослин адаптуватися до місцевих кліматичних умов [17].

Основними традиційними регіонами вирощування хмелю у США є штати Тихоокеанського Північного Заходу – Вашингтон, Орегон та Айдахо. Зокрема, долина Якіма у штаті Вашингтон є центром провідного виробництва. На ці три штати припадає майже 98% загального обсягу хмелю США [18].

В Україні хміль традиційно вирощують у зоні Полісся і Лісостепу. Однак останніми роками вітчизняний ринок демонструє зниження попиту на хмелепродукцію, що пов'язано з відсутністю ефективної мережі збуту, обмеженим асортиментом адаптивних сортів, суворими вимогами до якості продукції на міжнародному ринку, а також наслідками широкомасштабного вторгнення РФ. У цих умовах державна

підтримка галузі залишається критично важливою, оскільки без неї Україна ризикує втратити стратегічно важливу галузь і стати повністю залежною від імпорту [19]. Також великі пивоварні компанії з іноземним капіталом обмежили використання вітчизняної хмелесировини через власну зацікавленість у постачанні хмелепродуктів іноземного виробництва та наразі займають монопольне становище на ринку [20]. Зважаючи на критичний стан функціонування вітчизняної хмелярської галузі і необхідність вирішення даного питання у 2023 р. на комітетських слуханнях ВРУ було розглянуто «Стан та перспективи розвитку вітчизняної галузі хмелярства» [21].

За даними ІНГС, у 2024 р. основними виробниками хмелю були 25 країн світу. Найважливішими регіонами вирощування залишаються Халлертау, Ельба-Заале, Теттанг та Шпальт у Німеччині, де площі під хмелем становлять 20,29 тис. га, а також штати Вашингтон, Орегон та Айдахо у США – 19,03 тис. га. Разом ці регіони у 2024 р. виробили 85,324 тис. т хмелю, що становить 75,3% світового виробництва [13]. Крім Німеччини та США, до п'ятірки лідерів за обсягами виробництва та площами насаджень входять Китай, Чеська Республіка та Польща (рис. 2). Сумарно п'ятірка країн-лідерів забезпечує 89,3% світового виробництва хмелю, а площі під цією культурою сягають майже 49 тис. га, або 85,8% світових площ.

За даними J. Kubeš [22] за період 1990–2019 рр. виробництво значно збільшилося в Новій Зеландії, США та меншою мірою в Німеччині та Польщі, тоді як Австралія, Чехія, Словенія та особливо Китай і Велика Британія скоротили виробництво.

Німеччина є беззаперечним лідером у світовому виробництві хмелю, щороку виробляючи близько 44,908 тис. т на площі 20,289 тис. га, що становить 39,7% від загального обсягу світового виробництва. На другому місці перебувають США, які виробляють 40,416 тис. т хмелю на площі 19,026 тис. га, що відповідає 35,7% світового обсягу. Кожен регіон вирощування має унікальне середовище, яке допомагає процвітати певним сортам. Відмінні регіональні характеристики та понад 100 унікальних сортів, що виробляються по всьому світу. У США провідними сортами хмелю є Citra®, Mosaic®, Simcoe®, Cascade, Centennial та CTZ (акронім від Columbus, Tomahawk та Zeus, трьох торгових сортів, що належать різним приватним корпораціям для одного й того самого сорту хмелю), тоді як у Німеччині ключовими

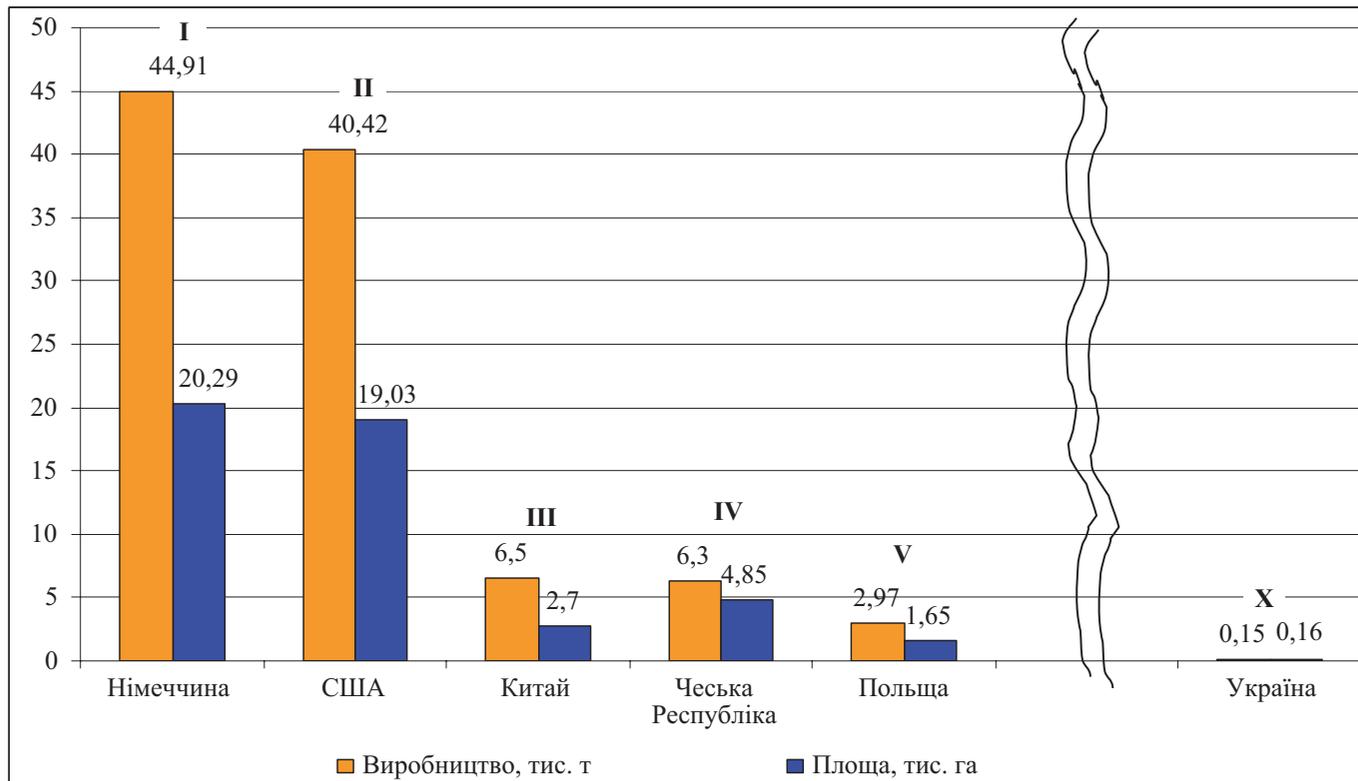


Рис. 2. 5-ка лідерів серед виробників хмелю у світі та місце України у світовому рейтингу 2024 р.

Примітка. Побудовано авторами за даними [13].

сортами залишаються Perle, Hallertau Tradition, Hallertau Magnum та Herkules. Хмелеробство США та ЄС значно інвестує у вдосконалення виробничих практик, які є більш сталими.

Варто відзначити, що у світовому масштабі країни ЄС займають провідні позиції у виробництві хмелю, щороку виробляючи понад 50 тис. т, а виробництво альфа-кислот перевищує 6 тис. т. За даними ФАО ЄС-27, на який припадає майже половина світового виробництва хмелю та площ, є центром світового ринку хмелю [23]. Близько 2600 ферм у 14 країнах ЄС вирощують хміль на площі понад займаючи 26 тис. га, або 60% від загальної площі, що використовується для вирощування хмелю у світі [24]. Вирощування хмелю має дуже важливе значення для сільського господарства Німеччини, Чехії та, зокрема, Словенії. Ці країни мають найвищі значення контрольованих показників хмелю на душу населення, включаючи експорт хмелю [22]. Втім варто зазначити, що в Європі, як і в усьому світі, площі під хмелем скорочуються, що пов'язується із зростанням врожайності та виробництва альфа-кислот, що дає змогу виробляти необхідну кількість продукції на меншій площі, а також зменшенням використання хмелю у традиційному пивоварінні. Розвиток виробництва хмелю

в найближчі роки залежатиме від впровадження нових високоврожайних сортів хмелю та збільшення або зменшення площ культивованого хмелю у зв'язку зі зміною цін на хміль, прибутковістю хмелярства та попитом пивоварних заводів.

Тому, світове виробництво хмелю концентрується у невеликій кількості провідних країн та регіонів, де поєднуються сприятливі природно-кліматичні умови, сучасні технології вирощування та висока агротехнічна культура. Наразі ведуться пошуки нових районів вирощування хмелю, що пов'язано з розвитком крафтового пивоваріння і для країн, що починають виробляти хміль одна із стратегій визначає використання місцевої сировини, так званий ефект «terroir» [11]. Збільшення площ під хмелем супроводжується певними змінами у технологіях вирощування, зокрема розвитком органічного виробництва, диверсифікацією методів вирощування і впровадженням нових сортів хмелю.

Провідні країни виробники і експортери (наприклад, Німеччина, США, Китай, Чеська Республіка) активно займаються виведенням нових сортів хмелю, удосконаленням технологій їх вирощування та переробки, розвитком виробничих і складських потужностей. Наприклад, Польща має високу позицію

Таблиця 1. Виробництво хмелю в Україні в 2014–2024 рр.

Рік	Площа, тис. га	Валовий збір, тис. т
2014	0,379	0,54
2015	0,386	0,59
2016	0,391	0,64
2017	0,395	0,57
2018	0,396	0,64
2019	0,420	0,60
2020	0,458	0,51
2021	0,471	0,53
2022	0,384	0,25
2023	0,3	0,46
2024	0,3	0,35

Примітка. Наведено дані по всіх категоріях господарств.
Джерело. Сформовано авторами за даними [26–28].

у світовому рейтингу виробництва хмелю завдяки сприятливим ґрунтово-кліматичним умовам, давнім традиціям хмелярства та розвиненій інфраструктурі збору та переробки хмелю.

Як зазначалося раніше, попит на хмелепродукцію стабільно високий, що стимулює позитивну динаміку розвитку ринку. Основними характеристиками ринку є інтеграція між виробниками хмелю та переробними підприємствами, які формують великомасштабні корпорації, забезпечуючи безперервний виробничий цикл – від вирощування до реалізації кінцевої продукції. Цей досвід інтеграційних зв'язків є актуальним і для українських товаровиробників. Також необхідно враховувати деякі невизначеності на ринку та серед виробників хмелю, що вимагає негайних адаптаційних заходів та розроблення та впровадження нових маркетингових стратегій [16].

Хмелярство в Україні також є важливою галуззю сільськогосподарського виробництва, понад 90% продукції якої використовується для виробництва пива. У світовому рейтингу Україна серед 25 основних виробників хмелю займає 20-ту позицію з часткою 0,14% світового виробництва (див. рис. 2).

На думку фахівців, Україна має вигідне географічне розташування, традиції та досвід, сприятливі ґрунтово-кліматичні умови для вирощування хмелю та експорту хмелепродукції. Вирощування хмелю в Україні до 2005 рр. було зосереджено в дев'яти регіонах, переважно в зоні Полісся і Лісостепу, які вирізняються достатнім зволоженням для культури та

найбільш придатні для вирощування ароматичного типу хмелю навіть в умовах змін клімату [25].

Нестабільність та невизначеність на ринку на початку ХХІ ст. призвело до відмови вирощування хмелю на території Чернігівської та Київської (у 2006–2008 рр.), а згодом у Луганській, Волинській та Вінницькій обл. З 2012 р. хміль в Україні вирощують лише в чотирьох областях: Житомирській, Львівській, Хмельницькій та Рівненській. Основна площа насаджень хмелю (74%) зосереджена у Житомирській обл., яка забезпечує 83% виробництва вітчизняної хмелепродукції. Також за період 2008–2022 рр. кількість діючих господарств із вирощування хмелю скоротилася від 59 до 17 або в 3,5 раза [21].

За даними Держстат України за період 1990–2024 рр. площі вирощування хмелю зменшилися від 7,4 тис. га до 0,3 тис. га, тобто майже в 25 разів. Цей обсяг забезпечує лише 20% потреби вітчизняних пивоварних компаній, решта імпортується. Останніми роками загальна площа посівів хмелю в Україні становила 300–400 га, а валове виробництво у 2020–2024 рр. сягало 250–530 т із середньою врожайністю 8,2–13,8 ц/га (табл. 1).

Дані табл. 1 свідчать, що площі під насадженнями хмелю поступово зростали від 2014 р. до 2021 р. За цей період площі збільшилися на 24,3% від 0,379 тис. га до 0,471 тис. га. Починаючи з 2022 р. загальна площа хмеленасаджень в Україні зменшилося до 0,384 тис. га. Таке різке зменшення площ пов'язано з повномасштабним вторгненням країни агресора та припиненням вирощування хмелю на території прикордонних областей, зокрема в Житомирській, та впливом інших економічних і соціальних чинників.

В Україні середня врожайність хмелю за роками є також нестабільною (рис. 3). До 2016 р. фіксували зростання врожайності до 16,3 ц/га, що порівняно з 2014 р. становило майже 15%. Саме в 2016 р. було отримано рекордну врожайність (16,3 ц/га) за досліджуваний період. У 2017–2021 рр. середня врожайність за роками була в межах 13,0–14,5 ц/га. В 2022 р. і 2024 р. урожайність хмелю була на найнижчому рівні – 8,2 ц/га і 9,3 ц/га відповідно, що відобразилось на валовому зборі, який також був найнижчим (0,25 і 0,35 тис. тонн) за досліджуваний період (див. табл. 1). Натомість у країна ЄС у 2024 р. найвищу врожайність було отримано в Італії (3,13 метричних тонн/га) та Німеччині (2,15 метричних тонн/га) [29].

Останніми роками кількість зареєстрованих нових сортів хмелю значно зросла. Наразі існує понад

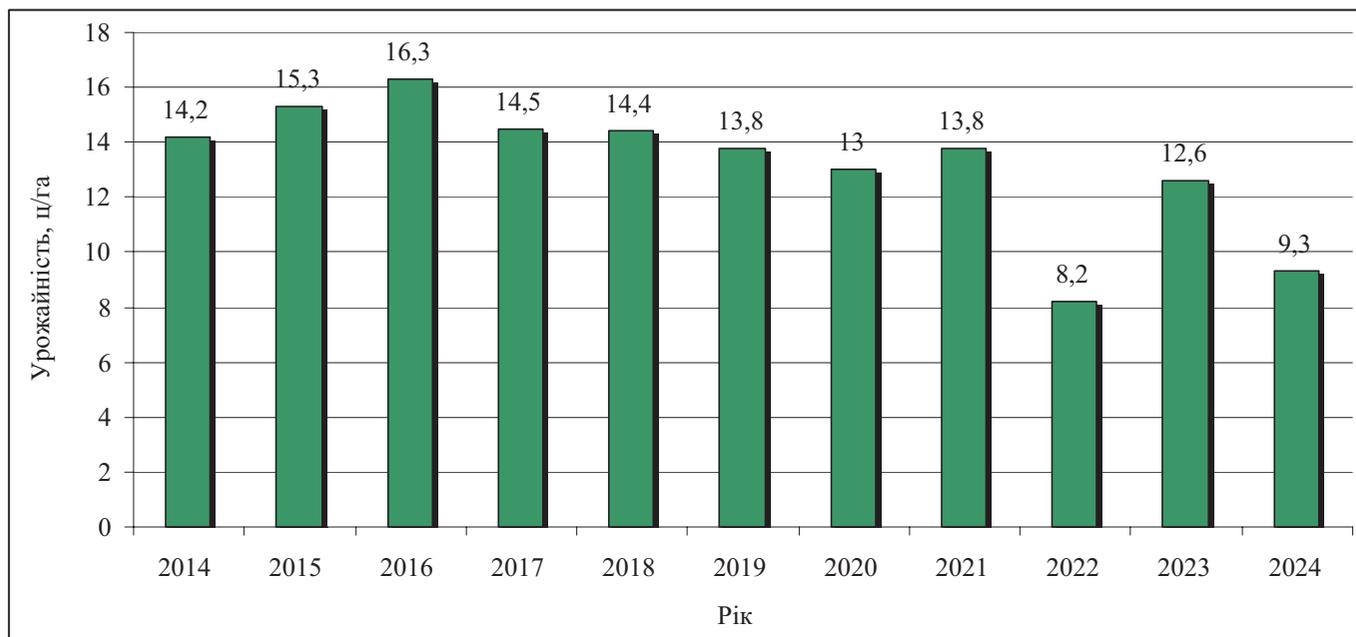


Рис. 3. Середня врожайність хмелю в Україні, 2014–2024 рр., ц/га

Джерело. Побудовано авторами за даними [26].

300 каталогізованих сортів хмелю, кожен з яких має різні характеристики, що цінуються пивоварною промисловістю з точки зору гіркоти, аромату та смаку [30]. Зокрема, в Список сортів хмелю Міжнародної конвенції хмелярів (IHGC) (станом на вересень 2025 р.) внесено 254 ароматичних сортів хмелю і 8 – гірких сортів, серед яких 14 сортів української селекції (у т.ч. 12 ароматичні сорти) [13]. Варто відмітити, що між 1990 і 2000 рр. в ЄС реєструвався один новий сорт на рік, з 2010 по 2024 рр. – кількість новостворених і зареєстрованих сортів зростає до чотирьох на рік. Крім того, існує безліч національних реєстрацій. До найбільш поширених сортів у світі належать близько 30 американських та 40 європейських, а також менша кількість азійських сортів. Сортівий ресурс хмелю в Україні, який внесено до Державного реєстру сортів рослин, придатних до поширення в Україні (станом на вересень 2025 р.), представлено 12 сортами хмелю звичайного вітчизняної селекції, серед яких 6 сортів – для пивоварної галузі. Власником зареєстрованих 8 сортів (67%) є Інститут сільськогосподарства Полісся НААН. За даними Т. Ратошнюк [27], найбільшу частку хмелевих насаджень в Україні займають ароматичні сорти, які вирощують на 84% площ, а їх якісний склад відповідає найкращим іноземним сортам.

На думку фахівців, основними факторами, що визначають сучасний розвиток галузі хмелярства у світі є [31; 32]:

1) Поточні зміни клімату, які мають диференційований вплив на сорти хмелю. Наприклад, гіркі та ароматні сорти, як правило, більш стійкі, ніж більшість ароматичних сортів. Негативного впливу зазнають не лише традиційні (старі) сорти хмелю та місцеві сорти, але й більш сучасні ароматичні сорти хмелю.

2) Борьба зі шкідниками (стійкість або толерантність). Рослини хмелю уражуються збудниками хвороб вірусної, бактеріальної та грибової етіології, а також низкою шкідників (попелиця хмелева, блішки хмелеві, кліщ павутинний). Тому зусилля селекціонерів спрямовано на підвищення стійкості або толерантності до цих шкідливих організмів. Однак довготривалої стійкості ще не досягнуто, а етапи стійкості досягаються приблизно кожні 10–20 років. Це означає, що для підтримки стійкості необхідно регулярно виводити нові сорти. Крім того, в умовах змін клімату боротьба зі шкідниками і хворобами стає дедалі складнішою.

3) Пошук нових сенсорних профілів. Нині існує широкий асортимент смакових різновидів хмелю з унікальними ароматами, що дає можливість виробникам пива персоналізувати своє пиво, особливо шляхом змішування сортів.

4) Підвищена ефективність виходу α -кислот. Допустимі межі збільшення вмісту α -кислот у шишках хмелю становлять близько 20%. Вищі показники можуть ускладнити процес переробки і роботу обладнання внаслідок липкості лупуліну.

ВИСНОВКИ

Незважаючи на коливання площ та обсягів виробництва, світова галузь хмелярства демонструє здатність до адаптації та стабільного забезпечення пивоварної промисловості та інших галузей високоякісною сировиною, що визначає її стратегічне значення у сучасному рослинництві. Зростання світового ринку хмелю зумовлює активне поширення культури у нові регіони, що відкриває перспективи для міжнародної торгівлі та розвитку інноваційних методів вирощування хмелю та отримання високоякісної

хмелепродукції. В Україні є всі можливості забезпечити розвиток галузі хмелярства, проте необхідна державна підтримка щодо розроблення та впровадження інноваційних, екологічно безпечних технологій вирощування і переробки хмелю, системи захисту хмеленасаджень та розвитку технологій органічного вирощування. У перспективі Україна може не лише відновити власне хмелярство, а й створити умови для конкурентного виходу на європейський ринок, використовуючи адаптивні технології та сучасні системи управління виробництвом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bélanger Harbour K. A Free exhaustive literature review on hops (*Humulus lupulus* L.). *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. 2023. 81(4). 504. <https://doi.org/10.1080/03610470.2023.2232267>.
2. Korpelainen H., Pietiläinen M. Hop (*Humulus lupulus* L.): Traditional and present use, and future potential. *Econ Bot*. 2021. 75. P. 302–322. <https://doi.org/10.1007/s12231-021-09528-1>.
3. Rossini F., Virga G., Loreti P., Iacuzzi N., Ruggeri R., Provenzano M.E. Hops (*Humulus lupulus* L.) as a novel multipurpose crop for the Mediterranean Region of Europe: challenges and opportunities of their cultivation. *Agriculture*. 2021. 11(6). 484. <https://doi.org/10.3390/agriculture11060484>.
4. Koetter U., Biendl M. Hops (*Humulus lupulus*): A review of its historic and medicinal uses. *Herbal Gram*. 2010. 87. P. 46–59.
5. Moir M. Hops – A Millennium Review. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. 2000. 58(4). P. 131–146. <https://doi.org/10.1094/ASBCJ-58-0131>.
6. Abram V., Čeh B., Vidmar M., Hercezi M., Lazić N., Bucik V., Možina S.S., Košir I.J., Kač M., Demšar L., Ulrih N.P. A comparison of antioxidant and antimicrobial activity between hop leaves and hop cones. *Ind. Crops Prod*. 2015. 64. P. 124–134. [10.1016/j.indcrop.2014.11.008](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.11.008).
7. Alonso-Esteban J.I., Pinela J., Barros L., Ćirić A., Soković M., Calhella R.C., Torija-Isasa E., de Cortes Sánchez-Mata M., Ferreira I.C.F.R. Phenolic composition and antioxidant, antimicrobial and cytotoxic properties of hop (*Humulus lupulus* L.) seeds. *Ind. Crops Prod*. 2019. 134. P. 154–159. [10.1016/j.indcrop.2019.04.001](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.04.001).
8. Astray G., Gullón P., Gullón B., Munekata P.E.S., Lorenzo J.M. *Humulus lupulus* L. as a natural source of functional biomolecules. *Appl. Sci*. 2020. 10(15). 5074. <https://doi.org/10.3390/app10155074>.
9. Rossini F., Virga G., Loreti P., Provenzano M.E., Danieli P.P., Ruggeri R. Beyond beer: Hop shoot production and nutritional composition under mediterranean climatic conditions. *Agronomy*. 2020. 10(10). 1547. [10.3390/agronomy10101547](https://doi.org/10.3390/agronomy10101547).
10. Murakami L.A., Darby P., Javornik B., Pais M.S.S., Seigneur E., Lutz A., Svoboda P. Molecular phylogeny of wild Hops, *Humulus lupulus*. *Heredity*. 2006. 97. P. 66–74.
11. Ruggeri R., Rossini F., Roberto S.R., Sato A.J., Lousert P., Rutto L.K., Agehara S. Development of hop cultivation in new growing areas: The state of the art and the way forward. *European Journal of Agronomy*. 2024. 161. 127335. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127335>.
12. Sharma A. Hops Market Report 2025 (Global Edition). Cognitive Market Research Edition: 8th. 2025. 250 p. URL: <https://www.cognitivemarketresearch.com/hops-market-report>.
13. The International Hop Growers Convention (IHGC). URL: <https://www.ihgc.org/>.
14. Kubeš J. Changing geography of hop regions in the World 1990–2022. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. 2025. 83(5). P. 1–10. <https://doi.org/10.1080/03610470.2024.2432152>.
15. Zhang J., Wang Q., Gao H., Qi Q., He W., Li J., Yao S., Li W. Ecological suitability distribution of hop based on MaxEnt modeling. *Environ Monit Assess*. 2025. 197. 346. <https://doi.org/10.1007/s10661-025-13787-z>.
16. Mozny M., Trnka M., Vlach V., Zalud Z., Cejka T., Hajkova L., Potopova V., Semenov M.A., Semerádova D., Büntgen U. Climate-induced decline in the quality and quantity of European hops calls for immediate adaptation measures. *Nature Communications*. 2023. 14(1). 6028. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41474-5>.

17. Jastrombek J.M., Faguerazzi M.M., de Cássio Pierezan H., Rufato L., Sato A.J., da Silva Ricce W., Marques V.V., Leles N.R., & Roberto S.R. Hop: An Emerging Crop in Subtropical Areas in Brazil. *Horticulturae*. 2022. 8(5). 393. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8050393>.
18. USA Hops. URL: <https://www.usahops.org/enthusiasts/stats.html>.
19. Рижук С.М., Кошицька Н.А., Проценко Л.В., Свірчевська О.В. Конкурентоспроможність хмелепродукції українського виробництва на основі біохімічної та технологічної оцінок. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 8. С. 63–72. <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202308-08>.
20. Приймачук Т.Ю., Проценко А.В., Рудик Р.И., Штанько Т.А. Пивна та хмелева галузі України: кон'юнктура та інтеграція. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 4. С. 61–67.
21. Стан та перспективи розвитку вітчизняної галузі хмелярства. Рекомендації комітетських слухань ВРУ (23 листопада 2023 р., протокол № 134). 2023. URL: <https://komagropolit.rada.gov.ua/documents/sluhanja/75066.html>.
22. Kubeš J. Geography of World Hop Production 1990–2019. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*. 2021. 80(1). P. 84–91. <https://doi.org/10.1080/03610470.2021.1880754>.
23. FAOSTAT. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>
24. European Commission. Hops. URL: https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hops_en.
25. Ратошнюк Т.М., Ратошнюк В.І. Виробництво хмелепродукції – світовий та український ринки. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2022. № 1 С. 278-283. 10.31891/2307-5740-2022-302-1-46.
26. Державна служба статистики України. Офіційний сайт. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>.
27. Ратошнюк Т. Оцінка ємності вітчизняного ринку продукції хмелярства. *Вісник Хмельницького національного університету. Сер.: Економічні науки*. 2024. Т. 328. № 2. С. 247-254. <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2024-328-51>.
28. Rizhuk S., Suhoraba V., Nadochy P., Protsenko L., Tsubulskiy V., Ratoshnyuk T. The state of the hop industry in Ukraine and the possibility of increasing its effectiveness in modern condition. *Scientific Horizons*. 2019. 22(7). P. 29-40. 10.33249/2663-2144-2019-80-7-29-40.
29. ReportLinker. URL: <https://www.reportlinker.com/dataset/85730fe2d39ca8255df728b8464b92ae8bd6a9f0>.
30. Healey J. The Hops List: 265 Beer Hop Varieties From Around the World. 1st ed.; Melbourne, Australia, 2016. 293 p.
31. Forster A., Schüll F., Gahr A. Hop supply under pressure from climate change; Hopfen-Rundschau International. 2023/2024. 2023. P. 34-42.
32. Forster A., Schüll F., Gahr A. The hop labyrinth: Finding a brewer's path through new varieties. *Proceedings of the Scientific-Technical Commission (Spalt, Bavaria, Germany 29 June – 3 July 2025)*. IHGC, 2025. P. 118–120.

REFERENCES

1. Bélanger Harbour K. (2023). A Free exhaustive literature review on hops (*Humulus lupulus* L.). *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 81(4), 504. <https://doi.org/10.1080/03610470.2023.2232267> [in English].
2. Korpelainen H., & Pietiläinen M. (2021). Hop (*Humulus lupulus* L.): Traditional and present use, and future potential. *Econ Bot*, 75, 302–322. <https://doi.org/10.1007/s12231-021-09528-1>[in English].
3. Rossini F., Virga G., Loreti P., Iacuzzi N., Ruggeri R., & Provenzano M.E. (2021). Hops (*Humulus lupulus* L.) as a novel multipurpose crop for the Mediterranean Region of Europe: challenges and opportunities of their cultivation. *Agriculture*, 11(6), 484. <https://doi.org/10.3390/agriculture11060484> [in English].
4. Koetter U., & Biendl M. (2010). Hops (*Humulus lupulus*): A review of its historic and medicinal uses. *HerbalGram*, 87, 46–59 [in English].
5. Moir M. (2000). Hops – A Millennium Review. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 58(4), 131–146. <https://doi.org/10.1094/ASB-CJ-58-0131> [in English].
6. Abram V., Čeh B., Vidmar M., Hercezi M., Lazić N., Bucik V., Možina S.S., Košir I.J., Kač M., Demšar L., Ulrih N.P. (2015). A comparison of antioxidant and antimicrobial activity between hop leaves and hop cones. *Ind. Crops Prod*, 64, 124–134. 10.1016/j.indcrop.2014.11.008[in English].
7. Alonso-Esteban J.I., Pinela J., Barros L., Ćirić A., Soković M., Calhelha R.C., Torija-Isasa E., de Cortes Sánchez-Mata M., & Ferreira I.C.F.R. (2019). 8. Phenolic composition and antioxidant, antimicrobial and

- cytotoxic properties of hop (*Humulus lupulus* L.) seeds. *Ind. Crops Prod*, 134, 154–159. 10.1016/j.indcrop.2019.04.001[in English].
8. Astray G., Gullón P., Gullón B., Munekata P.E.S., & Lorenzo J.M. (2020). *Humulus lupulus* L. as a natural source of functional biomolecules. *Appl. Sci.*, 10(15), 5074. <https://doi.org/10.3390/app10155074> [in English].
 9. Rossini F., Virga G., Loreti P., Provenzano M.E., Danieli P.P., & Ruggeri R. (2020). Beyond beer: Hop shoot production and nutritional composition under mediterranean climatic conditions. *Agronomy*, 10(10), 1547. 10.3390/agronomy10101547 [in English].
 10. Murakami L.A., Darby P., Javornik B., Pais M.S.S., Seigner E., Lutz A., & Svoboda P. (2006). Molecular phylogeny of wild Hops, *Humulus lupulus*. *Heredity*, 97, 66–74 [in English].
 11. Ruggeri R., Rossini F., Roberto S.R., Sato A.J., Lousert P., Rutto L.K., Agehara S. (2024). Development of hop cultivation in new growing areas: The state of the art and the way forward. *European Journal of Agronomy*, 161, 127335. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127335> [in English].
 12. Sharma A. (2025). Hops Market Report 2025 (Global Edition). Cognitive Market Research Edition: 8th. URL: <https://www.cognitivemarketresearch.com/hops-market-report> [in English].
 13. The International Hop Growers Convention (IHGC). URL: <https://www.ihgc.org/>
 14. Kubeš J. (2025). Changing geography of hop regions in the World 1990–2022. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 83(5), 1–10. <https://doi.org/10.1080/03610470.2024.2432152> [in English].
 15. Zhang J., Wang Q., Gao H., Qi Q., He W., Li J., Yao S., Li W. (2025). Ecological suitability distribution of hop based on MaxEnt modeling. *Environ Monit Assess*, 197, 346. <https://doi.org/10.1007/s10661-025-13787-z> [in English].
 16. Mozny M., Trnka M., Vlach V., Zalud Z., Cejka T., Hajkova L., Potopova V., Semenov M.A., Semerádova D., & Büntgen U. (2023). Climate-induced decline in the quality and quantity of European hops calls for immediate adaptation measures. *Nature Communications*, 14(1), 6028. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41474-5> [in English].
 17. Jastrombek J.M., Faguerazzi M.M., de Cássio Pie-rezan H., Rufato L., Sato A.J., da Silva Ricce W., Marques V.V., Leles N.R., & Roberto S.R. (2022). Hop: An Emerging Crop in Subtropical Areas in Brazil. *Horticulturae*, 8(5), 393. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8050393>[in English].
 18. USA Hops. URL: <https://www.usahops.org/enthusiasts/stats.html> [in English].
 19. Ryzhuk S.M., Koshytska N.A., Protsenko L.V., & Svirchevska O.V. (2023). Konkurentospromozh-nist khmeleproduktii ukrainskoho vyrobnytstva na osnovi biokhimichnoi ta tekhnolohichnoi otsinok [Competitiveness of Ukrainian hop production based on biochemical and technological assessments]. *Visnyk ahrarynoi nauky*, 8, 63–72. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202308-08> [in Ukrainian].
 20. Prymachuk T.Iu., Protsenko A.V., Rudyk R.Y., & Shtanko T.A. (2018). Pyvna ta khmeleva haluzi Ukrainy: koniunktura ta intehratsiia [Beer and hop industries of Ukraine: market conditions and integration]. *Visnyk ahrarynoi nauky*, 4, 61–67 [in Ukrainian].
 21. Stan ta perspektyvy rozvytku vitchyznianoï haluzi khmeliarstva (2023). Rekomendatsii komitetskykh slukhan VRU (23 lystopada 2023 r., protokol № 134) [State and prospects for the development of the domestic hop industry. Recommendations of the Verkhovna Rada committee hearings (November 23, 2023, No. 134)]. URL: <https://komagropolit.rada.gov.ua/documents/sluhannja/75066.html> [in Ukrainian].
 22. Kubeš J. (2021). Geography of World Hop Production 1990–2019. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 80(1), 84–91. <https://doi.org/10.1080/03610470.2021.1880754> [in English].
 23. FAOSTAT. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize> [in English].
 24. European Commission. Hops. URL: https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hops_en [in English].
 25. Ratoszniuk T.M., & Ratoszniuk V.I. (2022). Vyrobnytstvo khmeleproduktii – svitovyï ta ukrainskyï rynky [Hop production – world and Ukrainian markets]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*, 1, 278–283. 10.31891/2307-5740-2022-302-1-46 [in Ukrainian].
 26. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. Ofitsiinyi sait [State Statistics Service of Ukraine. Official website]. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].
 27. Ratoszniuk T. (2024). Otsinka yemnosti vitchyzniano-ho rynku produktii khmeliarstva [Assessment of the capacity of the domestic market for hop products]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Seriia: Ekonomichni nauky*, 328(2), 247–254. <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2024-328-51> [in Ukrainian].
 28. Rizhuk S., Suhoraba V., Nadtochy P., Protsenko L., Tsubulskiy V., & Ratoshnyuk T. (2019). The state of the hop industry in Ukraine and the possibility of increasing its effectiveness in modern condition.

- Scientific Horizons*, 22(7), 29-40. 10.33249/2663-2144-2019-80-7-29-40 [in English].
29. ReportLinker. URL: <https://www.reportlinker.com/dataset/85730fe2d39ca8255df728b8464b92ae8bd6a9f0> [in English].
30. Healey J. (2016). *The Hops List: 265 Beer Hop Varieties From Around the World*. 1st ed.; Melbourne, Australia. [in English].
31. Forster A., Schüll F., & Gahr A. (2023). Hop supply under pressure from climate change; Hopfen-Rundschau International. 2023/2024. 34-42 [in English].
32. Forster A., Schüll F., & Gahr A. (2025). The hop labyrinth: Finding a brewer's path through new varieties. *Proceedings of the Scientific-Technical Commission (Spalt, Bavaria, Germany 29 June – 3 July 2025)*. IHGC. [in English].

Дем'янюк О.С., Тайенчук В.В.

Current state of hop production in the world and in Ukraine

Aim. To analyze the dynamics of hop production, cultivated areas, varietal resources, yield, and gross output of hop products in the world and in Ukraine during 2014–2024; to determine Ukraine's position in global hop production and prospects for the development of the domestic hop-growing sector. **Methods.** Comparative analysis, generalization, and statistical data analysis were applied in the study. **Results.** Global hop production is concentrated in a limited number of leading countries and regions that combine favorable natural and climatic conditions with modern cultivation technologies. In 2024, the main hop producers included 25 countries worldwide. The top five leaders in production volumes and cultivated areas were Germany, the USA, China, the Czech Republic, and Poland, accounting for 89.3% of global hop production on nearly 49 thousand hectares (85.8% of the global hop area). Hop cultivation in Ukraine also represents an important branch of agricultural production, with more than 90% of the output used for beer production. Globally, Ukraine ranked 20th among the 25 main hop producers, with a share of 0.14% of world production. In Ukraine, hops have traditionally been grown in the Polissia and Forest-Steppe zones. Between 1990 and 2024, hop cultivation area decreased from 7.4 thousand hectares to 0.3 thousand hectares—nearly a 25-fold reduction. This volume meets only about 20% of the demand of domestic brewing companies, with the remainder imported. In recent years, Ukraine's total hop area amounted to 300–400 hectares, while gross production in 2020–2024 reached 250–530 tons, with an average yield of 8.2–13.8 c/ha. Recently, the domestic market has shown a decline in demand for hop products, due to the absence of an effective distribution network, a limited range of adaptive varieties, strict quality requirements on the international market, as well as the consequences of the large-scale invasion by the Russian Federation. **Conclusions.** Despite fluctuations in cultivated areas and production volumes, the global hop industry demonstrates adaptability and the capacity to stably supply the brewing industry and other sectors with high-quality raw materials, which determines its strategic importance in modern crop production. The expansion of the global hop market drives the spread of this crop into new regions, opening prospects for international trade and the development of innovative cultivation methods and production of high-quality hop products. Ukraine has significant potential for developing its hop industry; however, state support is required for the development and implementation of innovative, environmentally safe technologies for hop cultivation and processing, crop protection systems, and the advancement of organic hop-growing practices.

Key words: *Humulus lupulus L.*, hop production, hop industry of Ukraine, hop market, agricultural production, hop-growing development trends.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Дем'янюк О.С., доктор сільськогосподарських наук, професор, заступник директора з наукової роботи, Інститут агроекології і природокористування НААН, e-mail: demolena@ukr.net, ORCID: 0000-0002-4134-9853.

Тайенчук В.В., аспірант, Інститут агроекології і природокористування НААН, e-mail: vladtaenchuk@yukr.net, ORCID: 0009-0008-8270-9799.

Demyanyuk O.S., Doctor of agricultural sciences, professor, Institute of Agroecology and Environmental Management of the NAAS, e-mail: demolena@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4134-9853>.

Taienchuk V.V., Postgraduate Student, Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS, e-mail: vladtaenchuk@yukr.net, ORCID: 0009-0008-8270-9799.

Надійшла 11.08.2025

УДК 631.82: 633.11

<https://doi.org/10.54651/agri.2025.04.07>

ЗАКОНОМІРНОСТІ ВПЛИВУ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ НА УРОЖАЙНІСТЬ І ЯКІСТЬ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ЯРОЇ У ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ

В.М. Юла, М.О. Дрозд, Н.Г. Бушлаєва

ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

Мета. Удосконалення процесу формування продуктивності пшениці ярої шляхом оптимізації системи удобрення та заходів догляду за посівами з урахуванням сортових особливостей в умовах Правобережного Лісостепу. Дослідження спрямовано на оцінку впливу різних агротехнологічних заходів на урожайність та якість зерна, а також на удосконалення системи удобрення і догляду за посівами. Отримані результати дозволять забезпечити стабільне формування врожайів високої якості та підвищення економічної ефективності виробництва. **Методи.** Програма досліджень включала такі методи: польовий, біометричний та вимірювально-ваговий, лабораторний, порівняльно-розрахунковий, а також математично-статистичний. **Результати.** У результаті проведених досліджень встановлено, що рівень удобрення істотно впливає на продуктивність і якість зерна пшениці ярої м'якої та твердої. Найвищі показники урожайності (4,26–4,34 т/га) отримано за внесення повного мінерального удобрення $N_{45}P_{90}K_{90}$ із додатковими азотними підживленнями у фазах 30 та 48 за ВВСН. Це сприяло формуванню повноцінного зерна з підвищеним вмістом білка (до 15,2%) і клейковини (до 24,6%). Використання біопрепарату Біо-гель у поєднанні з помірними дозами добрив ($N_{30}P_{60}K_{60} + N_{30} + N_{30}$) позитивно впливало на засвоєння елементів живлення та стабільність урожайності за різних систем захисту. **Висновки.** Дослідження показали, що урожайність, якість зерна та економічна ефективність вирощування пшениці ярої м'якої та твердої у Правобережному Лісостепу істотно залежать від системи удобрення, системи захисту та застосування стимулятора росту. Найвищі показники врожайності пшениці ярої обох сортів відмічались за внесення повного мінерального удобрення $N_{45}P_{90}K_{90}$ із підживленнями по N_{45} на 30 та 48 стадіях за ВВСН, що забезпечило отримання зерна I класу якості. Оптимальне поєднання середніх доз мінеральних добрив із біостимулятором забезпечувало прибуток 8,61 тис. грн/га за вирощування сорту Танок та 7,70 тис. грн/га – сорту МПП Ксенія. Це свідчить про доцільність комплексного підходу з урахуванням сортових особливостей для стабільного формування високоякісного зерна та підвищення економічної ефективності виробництва.

Ключові слова: біостимулятор, догляд за посівами, економічна ефективність, система удобрення.

Вступ. Пшениця яра займає важливе місце у структурі зернового виробництва Правобережного Лісостепу, проте її врожайність і якість зерна значною мірою залежать від оптимізації агротехнологічних заходів, зокрема правильного підбору системи удобрення та організації догляду за посівами. За сучасних кліматичних змін особливої уваги потребує адаптація технологій вирощування до ґрунтово-кліматичних умов регіону, що характеризується підвищеною варіабельністю гідротермічного режиму та зниженням родючості ґрунтів. Серед основних чинників, які визначають ефективність вирощування пшениці ярої, важливе

значення має удосконалення систем удобрення та захисту рослин у поєднанні з використанням біологічно активних речовин і органічних препаратів стимулювальної дії [2; 3; 6; 7; 10; 17].

Наукові дослідження підтверджують, що раціональне застосування мінеральних добрив у поєднанні з органічними добривами і біостимуляторами здатне забезпечувати істотний приріст урожайності та покращання якості зерна пшениці ярої. Зокрема, встановлено, що диференційоване внесення азоту на основних етапах органогенезу у поєднанні з фосфорно-калійним живленням та органічними

добривами стимулює формування продуктивного стеблостою і сприяє підвищенню вмісту білка та клейковини [13; 19].

Значну ефективність показує інтегрована система захисту, яка окрім базових фунгіцидно-інсектицидних обробок, включає використання біопрепаратів і запобігання виляганню рослин. Її застосування допомагає істотно знизити втрати врожаю від бур'янів, хвороб і шкідників та реалізувати потенціал сортів інтенсивного типу [21; 15].

Попри наявність численних локальних досліджень, питання комплексного впливу різних елементів технології – системи удобрення, захисту та застосування біостимуляторів на продуктивність і якість зерна пшениці ярої в умовах Правобережного Лісостепу залишається недостатньо вивченим.

Особливого значення набуває оцінка нових сортів селекції ННЦ «ІЗ НААН» (Танок) та Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН (МІП Ксенія), які характеризуються високим потенціалом продуктивності, але потребують оптимально підібраних технологічних рішень. Тому метою наших досліджень було встановлення закономірностей впливу систем удобрення, захисту та застосування органічного добрива зі стимулювальним ефектом на урожайність і якість зерна пшениці ярої в умовах Правобережного Лісостепу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних дослідженнях щодо вирощування пшениці ярої в умовах Лісостепу України особлива увага приділяється оптимізації агротехнічних заходів, зокрема системам удобрення та захисту посівів. Останні дослідження показують істотний прогрес у вивченні того, як різні технології впливають на продуктивність пшениці. Дослідження учених, таких як Кудрявицька А.М., Карабач К.С. [9] засвідчили, що комбіновані системи удобрення, які поєднують мінеральні та органічні добрива, сприяють підвищенню врожайності та якості зерна пшениці ярої в умовах Лісостепу. Важливим аспектом є своєчасне проведення обробітку ґрунту, боротьби з бур'янами, хворобами та шкідниками.

У наукових дослідженнях останніх років значна увага приділяється вивченню впливу агротехнологічних прийомів на формування врожайності та якості зерна пшениці ярої в умовах Лісостепу України. Виробництво зерна цієї культури має стратегічне значення для продовольчої безпеки держави, а отже, потребує постійної оптимізації технологій вирощування з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов

регіону. Серед основних чинників забезпечення стабільного врожаю особливе значення мають система удобрення, застосування біостимуляторів та заходи інтегрованого захисту рослин від хвороб, бур'янів і шкідників [8,10;18].

Результати досліджень низки учених підтверджують, що комбіновані системи удобрення, які поєднують мінеральні та органічні добрива, забезпечують істотне підвищення продуктивності агроцензів і якості зерна пшениці ярої [11;12]. Установлено, що важливим напрямом підвищення ефективності агротехнологій є використання регуляторів росту та біологічних препаратів, які сприяють адаптації рослин до коливань кліматичних умов і посилюють ефективність живлення [16]. Важливим є й те, що застосування органо-мінеральних систем живлення у поєднанні з інтегрованим захистом посівів позитивно впливає не лише на величину врожаю, але й на якість зерна, зокрема показники білковості та склоподібності. За даними Е.Г. Дегодюка, інтеграція органічних добрив і біологічних препаратів у технології вирощування забезпечує підвищення ефективності використання мінеральних добрив і сприяє збереженню родючості ґрунтів [4].

Тому, аналіз наукових публікацій свідчить, що комплексне застосування елементів адаптивної технології – оптимізація системи удобрення, інтегрований захист і використання біостимуляторів є найбільш перспективним шляхом підвищення урожайності та поліпшення якості зерна пшениці ярої у Правобережному Лісостепу.

Матеріали та методи досліджень

Методика досліджень. Дослідження з вивчення впливу комплексного застосування елементів адаптивної технології на продуктивність пшениці ярої проводили впродовж 2022–2024 рр. на темно – сірому опідзоленому ґрунті у стаціонарному досліді відділу технологій зернових колосових культур ННЦ «ІЗ НААН» у Фастівському р-ні Київської обл.

Предметом досліджень був сорт пшениці м'якої ярої Танок (інтенсивного типу, селекції ННЦ «ІЗ НААН») та сорт пшениці твердої ярої МІП Ксенія (середньостиглий, інтенсивного типу, селекції Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН). Норма висіву – 4,5–5,0 млн схожих насінин на гектар. Попередник – соя.

Система обробітку ґрунту загальноприйнята для лісостепової зони і включала дворазовий обробіток стерні дисковою бороною АГД – 2,5 і оранку плугом ПН-3-35 на глибину 20–22 см. Рано навесні

здійснили обробіток культиватором КН-3,8 та передпосівний обробіток агрегатом типу «Європак» на глибину заробляння насіння. Мінеральні добрива – амофос (52% д. р. P_2O_5) та каліймагnezія (44% д. р. K_2O) вносили під основний обробіток ґрунту, аміачну селітру (34,4% д. р. N) – під передпосівну культивувацію та в підживлення на 30 та 48 стадіях розвитку за шкалою ВВСН (табл.1). Система удобрення включала також заорювання побічної продукції попередника (сої) на всіх варіантах дослідів.

Агрохімічна характеристика темно-сірого опідзоленого ґрунту: вміст гумусу – 1,56-1,87%, вміст легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 60,2–78,4 мг N на кг ґрунту, вміст рухомого фосфору (за Чириковим) – 150–331 мг/кг ґрунту, вміст рухомого калію (за Чириковим) – 105,0–202,5 мг/кг ґрунту. Реакція ґрунтового середовища слабокисла ($pH_{\text{сол.}}$ 4,6–5,3).

Схема дослідів передбачала встановлення впливу основних елементів технології вирощування (системи удобрення і захисту посівів, застосування органічного добрива зі стимулювальним ефектом для оброблення насіння та посівів) і їх комплексної дії та взаємодії на формування продуктивності пшениці ярої м'якої та твердої.

Система захисту включала: протруєння насіння препаратами фунгіцидно-інсектицидної дії, обробку насіння органічним добривом зі стимулювальним ефектом (Біо-гель – 1,5 л/т), обробку посівів препаратами відповідно до розповсюдження бур'янів, шкідників, хвороб. Вид і дози пестицидів залежали від фітосанітарної ситуації [20].

Характеристика біопрепарату Біо-гель — органічне добриво на основі гуматів, до складу якого входять гумінові та фульвові сполуки, амінокислоти, ферменти, макро- і мікроелементи (N – 0,30%; P_2O_5 – 0,30%; K_2O – 0,05%, Мп – 10,6–16,0, Мо – 0,20–0,30%, Zn – 0,77–1,20%, Cu – 0,45–0,70%, Со – 0,53–0,80%, В – 0,45–0,70%). Препарат стимулює ріст і розвиток рослин, покращує засвоєння азоту, фосфору та калію, активізує мікрофлору ґрунту [22].

Польові дослідів закладали й виконували з урахуванням вимог методики дослідної справи [5].

Результати та їх обговорення. Аналіз результатів досліджень, отриманих у 2022–2024 рр. засвідчив чітку залежність урожайності пшениці ярої м'якої та твердої від рівня удобрення. У контрольному варіанті (без добрив) середня врожайність за три роки становила 2,25 т/га у сорту Танок та 2,16 т/га у сорту

Ксенія, тобто різниця між сортами була незначною – лише 4,2 % (табл. 1).

Позакоренеve внесення органічного добрива зі стимулювальним ефектом (Біо-гель 2,0 л/га) на 48 стадії розвитку за ВВСН сприяло приросту урожайності відносно контролю на 9,3% у сорту Танок і 9,7% у сорту Ксенія. Поєднання органічного добрива з мінеральним удобренням ($P_{30}K_{30}N_{30}$ та підживлення N_{15} на 30 стадії за ВВСН) забезпечило підвищення урожайності до 2,96 і 2,83 т/га відповідно сорту.

Встановлено, що за внесення лише мінерального добрива ($P_{30}K_{30}N_{30}$ та підживлення N_{15} на 30 стадії розвитку за ВВСН) приріст урожайності пшениці ярої м'якої до контролю сягав 41,3%, у твердої – 32,9%. Подальше збільшення доз мінеральних добрив ($P_{80}K_{80}N_{50} + N_{50}$ на 30 (ВВСН) + N_{50} на 48 (ВВСН) та $P_{90}K_{90}N_{45} + N_{45} + N_{45}$ на 30 (ВВСН) + N_{45} на 48 (ВВСН)) сприяло стабільному зростанню урожайності.

Найвищі показники урожайності отримано у варіанті з максимальним рівнем удобрення – $P_{90}K_{90}N_{45}$ до сівби та азотними підживленнями по N_{45} на 30 та 48 стадіях розвитку за ВВСН. За таких умов вирощування врожайність пшениці м'якої становила 4,26 т/га, що перевищило контроль на 89,3%, тоді як у твердої – 4,34 т/га, а приріст до контролю сягав 101%.

Тому, обидва сорти пшениці ярої позитивно реагували на зростання рівня мінерального живлення, однак характер реакції мав сортову специфіку. За внесення середніх доз мінеральних добрив більш інтенсивно реагував сорт Танок (пшениця яра м'яка), тоді як за високих доз перевагу мав сорт МІП Ксенія (пшениця яра тверда). Це свідчить про різну адаптивну здатність сортів до інтенсифікації технології вирощування та підкреслює доцільність диференційованого підходу до системи удобрення.

Проведений дисперсійний аналіз показав, що у формуванні врожайності пшениці ярої провідну роль відіграв чинник «удобрення», частка впливу якого в середньому за роки досліджень становила 54,2% для сорту Танок і 46,5% для сорту Ксенія (рис.). Водночас вплив «погодних умов року» був більш вираженим для пшениці твердої – 49,8%, тоді як у м'якої цей показник був 38,9%. А найурожайнішим виявився 2024 р. Частка неврахованих чинників була незначною – 6–7%.

Отже, для сорту Танок визначальним чинником підвищення урожайності є оптимізація живлення, тоді як вирощування сорту МІП Ксенія більшою мірою залежало від погодних умов, що необхідно враховувати за вирощування їх в умовах Лісостепу.

Таблиця 1. Урожайність пшениці ярої залежно від удобрення за інтегрованої системи захисту, т/га, середнє за 2022–2024 рр.

Зміст варіантів з удобренням ¹	Урожайність, т/га, сорту							
	2022 р.		2023 р.		2024 р.		Середнє за 2022–2024 рр.	
	Танок	МІП Ксенія	Танок	МІП Ксенія	Танок	МІП Ксенія	Танок	МІП Ксенія
Без добрив (контроль)	2,10	2,05	2,07	1,78	2,57	2,65	2,25	2,16
Органічне добриво (2,0 л/га, на 48 (ВВСН))	2,33	2,18	2,22	1,85	2,84	3,09	2,46	2,37
$P_{30}K_{30}N_{30} + N_{15}$ на 30 (ВВСН) + орг. добриво (2,0 л/га, на 48 (ВВСН))	2,65	2,63	2,64	2,33	3,60	3,54	2,96	2,83
$P_{30}K_{30}N_{30} + N_{15}$ на 30 (ВВСН)	2,49	2,46	3,02	2,37	4,03	3,79	3,18	2,87
$P_{60}K_{60}N_{30} + N_{30}$ на 30 (ВВСН) + N_{30} на 48 (ВВСН)	3,28	2,96	3,40	3,14	4,84	4,64	3,84	3,58
$P_{80}K_{80}N_{50} + N_{50}$ на 30 (ВВСН) + N_{50} на 48 (ВВСН)	3,20	3,31	3,63	3,32	4,90	5,22	3,91	3,95
$P_{90}K_{90}N_{45} + N_{45}$ на 30 (ВВСН) + N_{45} на 48 (ВВСН)	3,80	3,80	3,75	3,97	5,23	5,25	4,26	4,34
НІР ₀₅ за чинниками:								
удобрення	0,17	0,21	0,20	0,13	0,27	0,27	0,21	0,17
сорт	0,07	0,09	0,08	0,05	0,11	0,11	0,04	0,04
погодні умови року досліджень	–	–	–	–	–	–	0,10	0,08
загальна	0,34	0,30	0,28	0,18	0,39	0,38	0,36	0,29
Частка впливу чинника:								
удобрення	67,2	78,5	86,6	93,4	90,4	90,3	54,2	46,5
погодні умови року досліджень	14,6	6,2	4,3	3,5	1,1	1,9	38,9	49,8
невраховані	18,2	15,3	9,1	3,1	8,5	7,8	6,9	3,7

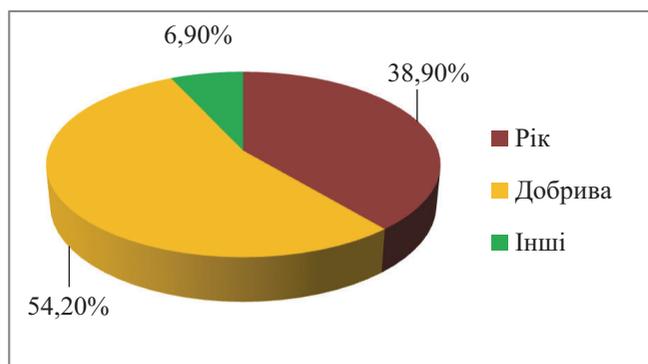
Якість зерна є визначальним фактором його харчової та технологічної цінності, оскільки від вмісту білка та клейковини залежить придатність пшениці до переробки й формування кінцевих хлібопекарських властивостей. Дослідженнями встановлено, що якісні показники зерна обох сортів пшениці ярої істотно залежали від рівня удобрення. У контрольному варіанті (без добрив) маса 1000 зерен сформувалася на рівні 36,3 г у пшениці м'якої сорту Танок і 42,1 г – у пшениці твердої сорту МІП Ксенія (табл. 2). Натура зерна була відповідно 802 і 777 г/л. Вміст білка у зерні становив 11,66 та 11,54%, а клейковини – 20,72 і 20,96%. За цих умов збір білка сягав лише 0,26–0,25 т/га, а збір клейковини – 0,47–0,45 т/га.

Внесення добрив сприяло підвищенню показників якості зерна. Відповідно до вимог ДСТУ 3768: 2019 [14] вміст білка в зерні пшениці ярої м'якої 1 класу якості має становити не менше 14% у твердої – не менше 14,5%, а клейковини – не менше 28% та 26% відповідно. Так, у сорту Танок вміст білка зростав у середньому на 2,8–3,2% порівняно з контролем,

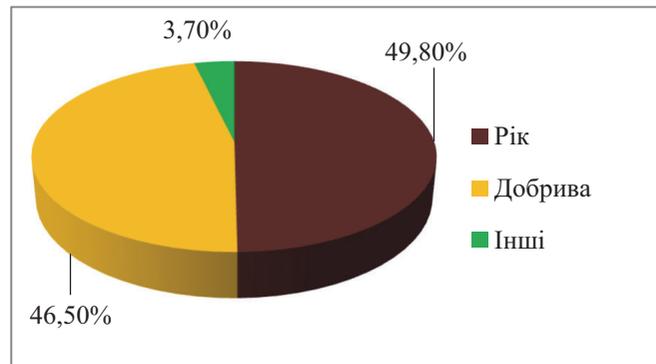
а збір клейковини перевищував контроль у 3,5 раза. У сорту Ксенія якісні показники зерна були дещо нижчими, проте тенденція зберігалася: приріст білка становив у середньому 2,4–2,7%, а збір білка зростав у 3,0–3,8 раза. Це свідчить про високу чутливість обох сортів до удобрення.

На варіанті зі внесенням лише органічного добрива (2,0 л/га на 48 стадії розвитку за ВВСН) спостерігалося покращання якісних показників зерна: вміст білка підвищився на 7,5% у сорту Танок і на 2,9% у сорту МІП Ксенія, вміст клейковини – на 6,6 та 4,7% відповідно до контролю. До того ж збір білка підвищився на 19–24%, а збір клейковини – на 17–20% відповідно.

Найбільш виражений ефект удобрення відмічено за поєднання органічних і мінеральних добрив. У варіанті з внесенням $P_{30}K_{30}N_{30}$ до сівби та підживлення N_{15} на 30 стадії ВВСН і позакореневого внесення органічного добрива на 48 стадії (Біо-гель, 2,0 л/га) вміст білка підвищувався до 13,5–12,6% (приріст 16–17% до контролю), а клейковини – до 22,5% (приріст 8–9%). Збір білка і клейковини зростав майже



Сорт Танок



Сорт МПП Ксенія

Частка впливу чинників на формування приросту врожайності пшениці ярої, середнє за 2022–2024 рр.

на 50% порівняно з контролем, що свідчить про синергетичний ефект взаємодії мінеральних і органічних компонентів живлення. Під впливом комплексного удобрення активізуються процеси білкового обміну завдяки поліпшенню азотного та вуглецевого балансу в рослинах [1].

Найвищі показники якості зерна отримано за найвищого рівня мінерального живлення у досліді – $P_{90}K_{90}N_{45}$ до сівби та азотними підживленнями по N_{45} на 30 та 48 стадіях розвитку за ВВСН. На цьому варіанті вміст білка у сорту Танок становив 15,18% (приріст 30,1% до контролю), а у сорту МПП Ксенія – 14,21% (приріст 23,1%). Вміст клейковини досяг 24,62 та 23,05% відповідно. До того ж збір білка у м'якої пшениці становив 1,06 т/га (у 4 рази більше

за контроль), а у твердої – 1,00 т/га. Аналогічна закономірність спостерігалась і щодо збору клейковини.

Тому, сорт пшениці м'якої ярої Танок відзначився більш вираженою реакцією на внесення добрив за показником підвищення вмісту білка, тоді як у сорту твердої пшениці МПП Ксенія характерним було формування вищої природи зерна та підвищеного вмісту клейковини. Обидва сорти формували максимальні якісні показники зерна за умов використання високих доз мінеральних добрив із внесенням азоту в підживлення на 30-й і 48-й стадіях розвитку рослин за ВВСН. Отримані результати підтверджують високу ефективність роздільного застосування азотних добрив у підживлення для формування якісного зерна та обумовлюють доцільність їх диференційованого

Таблиця 2. Якісні показники зерна пшениці ярої залежно від удобрення за інтегрованої системи захисту, 2022–2024 рр.

Зміст варіантів з удобренням	Показники якості зерна сорту											
	Маса 1000 зерен, г		Натура г/л		Сирий білок				Сира клейковина			
	І	ІІ	І	ІІ	вміст, %		збір, т/га		вміст, %		збір, т/га	
Без добрив (контроль)	36,3	42,1	802	777	11,66	11,54	0,26	0,25	20,72	20,96	0,47	0,45
Органічне добриво (2,0 л/га, на 48 (ВВСН))	35,4	44,4	803	787	12,54	11,87	0,31	0,28	22,08	21,94	0,55	0,52
$P_{30}K_{30}N_{30} + N_{15(IV)+}$ орг. добриво (2,0 л/га, на 48 (ВВСН))	38,3	45,9	803	787	13,54	12,56	0,40	0,36	22,53	22,47	0,67	0,64
$P_{30}K_{30}N_{30} + N_{15}$ на 30 (ВВСН)	39,2	45,9	805	782	14,12	12,51	0,45	0,36	23,37	22,45	0,75	0,65
$P_{60}K_{60}N_{30} + N_{30}$ на 30 (ВВСН) + N_{30} на 48 (ВВСН)	38,8	45,6	803	785	14,35	12,77	0,55	0,46	23,93	22,77	0,93	0,82
$P_{80}K_{80}N_{50} + N_{50}$ на 30 (ВВСН) + N_{50} на 48 (ВВСН)	38,1	46,2	808	782	14,75	14,40	0,56	0,57	24,14	25,29	0,93	0,99
$P_{90}K_{90}N_{45} + N_{45}$ на 30 (ВВСН) + N_{45} на 48 (ВВСН)	40,1	47,9	808	787	15,18	14,21	0,65	0,61	24,62	23,05	1,06	1,00

Примітка. І – сорт пшениці ярої м'якої Танок; ІІ – сорт пшениці ярої твердої МПП Ксенія.

застосування залежно від сортових особливостей пшениці ярої.

Питання економічної ефективності зернового господарства належить до ключових аспектів аграрної науки, оскільки безпосередньо визначає рівень продовольчої безпеки держави та впливає на фінансову стабільність сільськогосподарського сектору. В умовах сучасних економічних та кліматичних викликів підвищення рентабельності виробництва зернових культур є критично важливим для забезпечення конкурентоспроможності галузі, оптимізації використання ресурсів та формування стабільного доходу господарств. Аналіз економічних показників дає можливість об'єктивно оцінити ефективність різних технологічних систем ведення зернового виробництва та визначити пріоритетні напрями розвитку агровиробництва.

Аналіз економічних показників вирощування пшениці ярої за інтегрованої системи захисту свідчить, що найвищий прибуток у сорту Танок – 9,16 тис. грн/га за рентабельності 32% відмічено на варіанті удобрення з внесенням $P_{60}K_{60}N_{30}$ до сівби та підживленнями по N_{30} на 30 та 48 стадіях розвитку за ВВСН 48 (табл. 3). У сорту МП Ксенія цей варіант також був економічно доцільним – прибуток тут сягав 6,65 тис. грн/га за рентабельності 24%.

Позакоренеve підживлення органічним добривом зі стимулювальним ефектом на 48 стадії розвитку за ВВСН забезпечило високу окупність витрат: прибуток становив 8,61–7,70 тис. грн/га, а рівень рентабельності – 50–56%, що підтверджує ефективність використання органічної складової для зниження собівартості зерна.

Застосування високих доз мінеральних добрив – $P_{90}K_{90}N_{45}$ до сівби та по N_{45} в підживлення на 30 і 48 стадіях розвитку за ВВСН сприяло формуванню високих показників урожайності та прибутку, особливо у сорту МП Ксенія (7,67 тис. грн/га). Однак через зростання виробничих витрат (до 34,6 тис. грн/га) та підвищену собівартість зерна (7,98–8,13 тис. грн/т) рівень рентабельності знижувався до 20–22%.

Найефективнішими для обох сортів виявились варіанти з помірними дозами мінеральних добрив у поєднанні з органічною складовою, що забезпечує баланс між продуктивністю та економічною ефективністю виробництва. Отримані результати підтверджують доцільність диференційованого підходу до систем удобрення для досягнення оптимального співвідношення між урожайністю, якістю зерна та економічною окупністю технології.

Висновки

Проведені дослідження з вивчення ефективності вирощування пшениці м'якої та твердої ярої в умовах Правобережного Лісостепу свідчать про визначальний вплив системи удобрення, інтегрованого захисту посівів та застосування біостимуляторів на формування продуктивності, якості зерна та економічну ефективність технології вирощування. Найвищий рівень реалізації продуктивного потенціалу обох сортів спостерігався за внесення повного мінерального удобрення $P_{90}K_{90}N_{45}$ до сівби з підживленнями по N_{45} на 30 та 48 стадіях розвитку за ВВСН, що забезпечило середню за роки досліджень врожайність на рівні 4,26 т/га у сорту Танок та 4,34 т/га у МП Ксенія, підвищений

Таблиця 3. Економічна ефективність вирощування пшениці ярої залежно від удобрення за інтегрованої системи захисту, 2022–2024 рр.

Зміст варіантів з удобренням	Виробничі витрати, тис. грн/га		Собівартість зерна, тис. грн/т		Прибуток, тис. грн/га		Рентабельність, %	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Без добрив (контроль)	15,04	15,04	6,68	6,97	6,89	6,01	46	40
Органічне добриво (2,0 л/га, на 48 (ВВСН))	15,4	15,4	6,25	6,49	8,61	7,70	56	50
$P_{30}K_{30}N_{30} + N_{15}$ на 30 (ВВСН) + орг. добриво (2,0 л/га, на 48 (ВВСН))	22,1	22,1	7,48	7,82	6,71	5,45	30	25
$P_{30}K_{30}N_{30} + N_{15}$ на 30 (ВВСН)	21,8	21,8	6,88	7,61	9,12	6,12	42	28
$P_{60}K_{60}N_{30} + N_{30}$ на 30 (ВВСН) + N_{30} на 48 (ВВСН)	28,2	28,2	7,36	7,89	9,16	6,65	32	24
$P_{80}K_{80}N_{50} + N_{50}$ на 30 (ВВСН) + N_{50} на 48 (ВВСН)	34,1	34,1	8,71	8,63	4,05	4,04	12	13
$P_{90}K_{90}N_{45} + N_{45}$ на 30 (ВВСН) + N_{45} на 48 (ВВСН)	34,6	34,6	8,13	7,98	6,89	7,67	20	22

Примітка. I – сорт пшениці м'якої ярої Танок, II – сорт пшениці твердої ярої МП Ксенія

вміст білка до 15,18% і 14,21% та клейковини до 24,62% і 23,05% відповідно.

Використання середніх доз мінеральних добрив у поєднанні з органічним біостимулятором сприяло підвищенню продуктивності та якості зерна, забезпечуючи оптимальну економічну доцільність технології: прибуток у таких варіантах становив 8,61 тис. грн/га у сорту Танок та 7,70 тис. грн/га у МП Ксенія, за рентабельності 56 і 50% відповідно. У той самий час високі дози мінеральних добрив ($P_{80}K_{80}N_{100}$ та $P_{90}K_{90}N_{135}$) викликають значне зростання виробничих витрат і собівартості зерна, знижуючи економічну

ефективність технології, незважаючи на високі показники врожайності.

Результати досліджень свідчать, що для підвищення продуктивності та формування високоякісного зерна в умовах Лісостепу найдоцільнішим є комплексний підхід, який включає диференційоване використання мінеральних добрив відповідно до сортових особливостей, інтегровану систему захисту та застосування біостимуляторів. Така технологія забезпечує стабільність урожаю, максимальну реалізацію потенціалу сортів та підвищення економічної ефективності виробництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Meng W., Wang D., Yu Z. Effects of nitrogen fertilization on activities of nitrogen metabolism related enzymes and grain protein quality of wheat. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, 2012, Vol. 18, No. 1. P. 10–17.
2. Гамбур В. В., Глушенко Т. В. Вплив органо-мінерального живлення на врожайність ярої пшениці в умовах Правобережного Лісостепу. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УААН»*. 2009. Вип. 1–2. С. 45–50.
3. Грицюк Н.В., Довбиш, Л.Л., Бакалова, А.В., Івашенко, І.В., Плотницька Н.М. Вплив системи удобрення на забур'яненість та продуктивність посівів пшениці ярої у Правобережному Лісостепу. *Вісник Уманського НУС*. 2024. (2). С. 34–39.
4. Дегодюк Е.Г. Біологічні препарати та органічні добрива у системі підвищення ефективності землеробства. *Землеробство*. 2016. Вип. 91. С. 33–38.
5. Єщенко В.О. Основи наукових досліджень в агрономії: підручник. Київ: Едельвейс, 2014. 331 с.
6. Каленська С.М., Рожков А.О., Антал Т.В., Гарбар Л.А., Малеончук О.В. Пшениця яра: біологія, морфологія, технологія вирощування. К.: «ЦП КОМПРИНТ», 2017. 384 с.
7. Каленська С.М., Шутий, О.І. Формування продуктивності та якості пшениці твердої ярої залежно від мінерального живлення у Правобережному Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. № 3. С. 19–24.
8. Кравченко В.С. Формування агроценозів, урожайність і якість зерна різностиглих сортів пшениці ярої м'якої за різних строків сівби у південній частині Правобережного Лісостепу. *Вісник ХНАУ*. 2012. (1). С. 244–249.
9. Кудрявицька А.М., Карабач, К.С. Вплив добрив на продуктивність фотосинтезу, врожайність та показники якості зерна ярої пшениці. *Modern Engineering and Innovative Technologies*. 2023. 25(2). С. 112–119.
10. Кудрявицька А.М., Карабач К.С. Вплив комбінованих систем удобрення на врожайність та якість зерна пшениці ярої в умовах Лісостепу України. *Вісник аграрної науки України*. 2022. № 4. С. 45–52.
11. Ляшенко В.В. Вплив біостимуляторів на продуктивність пшениці ярої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2024. № 5. С. 198–205.
12. Поліщук В.М. Синергія мінеральних і органічних добрив у технологіях вирощування зернових культур. *Землеробство та рослинництво*. 2015 (2). С. 57–62.
13. Поліщук В. М., Соколовська, С. М. Синергія мінеральних та органічних добрив у технологіях вирощування зернових культур. *Землеробство*. 2019 Вип. (1). С. 65–72.
14. Пшениця. Технічні умови: ДСТУ 3768:2019 [чинний від 10.06.2019]. (Національний стандарт України) – Київ: Держспоживстандарт України. 2019. 15 с.
15. Рекомендації щодо систем контролю шкідливих організмів у посівах пшениці озимої та ярої за різних систем удобрення у зоні Лісостепу в умовах зміни клімату /редкол.: А.В. Кириченко, Н.М. Гаврилюк, Л.А. Кузьменко. Вінниця: ТОВ «Твори», 2020. 20 с.
16. Соломко В.І. Оптимізація системи живлення ярої пшениці в умовах Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. 2017. № 4. С. 72–77.
17. Соломко В.І. Оптимізація системи живлення ярої пшениці залежно від агрокліматичних умов. *Вісник аграрної науки*. 2020. № 6. С. 21–27.
18. Сухомуд О.Г.Любиць, В.В. Урожай і якість зерна пшениці ярої за різних умов мінерального живлення. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 1. С. 35–41.
19. Шевніков Д.М. Вплив мінеральних добрив та біопрепаратів на якість зерна пшениці твердої

ярої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. № 4. С. 153–157.

20. Юла В.М., Дрозд М.О. Ефективність застосування біостимуляторів росту в технології вирощування пшениці ярої в північному Лісостепу. *Землеробство та рослинництво: Теорія і практика*. 2021. Вип. 2(2) С.47–54.

21. Юла В.М., Дрозд М.О. Оптимізація системи удобрення та заходів догляду за посівами пшениці ярої в Правобережному Лісостепу. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2023. Вип. 4. С.58–66.

22. Біо-гель – органічне добриво для рослин та ґрунтів. URL: <https://biogel.com.ua/products/bio-gel-liquid/>.

REFERENCES

- Meng W., Wang D., Yu Z. (2012). Effects of nitrogen fertilization on activities of nitrogen metabolism related enzymes and grain protein quality of wheat. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, 18, 1, 10–17 [in English].
- Hambur V. V., Hlushchenko T. V. (2009). Vplyv orhano-mineralnogo zhyvlennia na vrozhainist yaroї pshe-nytsi v umovakh Pravoberezhnogo Lisostepu. *Zbirnyk naukovykh prats NNTs «Instytut zemlerobstva UAAN», 1–2*, 45–50[in Ukrainian].
- Hrytsiuk N. V., Dovbysh, L. L., Bakalova, A. V., Ivashchenko, I. V., Plotnytska N. M. (2024). Vplyv systemy udobrennia na zaburianenist ta produktyvnist posiviv pshe-nytsi yaroї u Pravoberezhnomu Lisostepu. *Visnyk Umanskoho NUS*, (2), 34–39 [in Ukrainian].
- Dehodiuk E. H. (2016). Biologichni preparaty ta orhanichni dobryva u systemi pidvyshchennia efektyvnosti zemlerobstva. *Zemlerobstvo*, 91, 33–38 [in Ukrainian].
- Yeshchenko V.O. (2014). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii: pidruchnyk*. Kyiv: Edelveis. 331 p. [in Ukrainian].
- Kalenska S. M., Rozhkov A. O., Antal T. V., Harbar L. A., Maleonchuk O. V. (2017). Pshenytsia yara: biolo-hiia, morfolohiia, tekhnolohiia vyroshchuvannia. K.: «TsP KOMPRINT». 384 p. [in Ukrainian].
- Kalenska S. M., Shutyi, O. I. (2016). Formuvannia produktyvnosti ta yakosti pshe-nytsi tverdoi yaroї zalezno vid mineralnogo zhyvlennia u Pravoberezhnomu Lisostepu Ukrainy. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 3, 19–24 [in Ukrainian].
- Kravchenko V. S. (2012). Formuvannia ahrotsenoziv, urozhainist i yakist zerna riznostyhylykh sortiv pshe-nytsi yaroї miakoi za riznykh strokiv sivby u pivdennii chastyni *Pravoberezhnogo Lisostepu*. *Visnyk KhNAU*, (1), 244–249 [in Ukrainian].
- Kudriavyska A. M., Karabach, K. S. (2023). Vplyv dobryv na produktyvnist fotosyntezu, vrozhainist ta pokaznyky yakosti zerna yaroї pshe-nytsi. *Modern Engineering and Innovative Technologies*, 25(2), 112–119 [in Ukrainian].
- Kudriavyska A. M., Karabach K. S. (2022). Vplyv kombinovanykh system udobrennia na vrozhainist ta yakist zerna pshe-nytsi yaroї v umovakh Lisostepu Ukrainy. *Visnyk ahrarnoi nauky Ukrainy*, 4, 45–52 [in Ukrainian].
- Liashenko V. V. (2024). Vplyv biostymuliatoriv na produktyvnist pshe-nytsi yaroї. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 5, 198–205 [in Ukrainian].
- Polishchuk V. M. (2015). Synerhiia mineralnykh i orhanichnykh dobryv u tekhnolohiiakh vyroshchuvannia zernovykh kultur. *Zemlerobstvo ta roslinnytstvo*, (2), 57–62 [in Ukrainian].
- Polishchuk V. M., Sokolovska, S. M. (2019). Synerhiia mineralnykh ta orhanichnykh dobryv u tekhnolohiiakh vyroshchuvannia zernovykh kultur. *Zemlerobstvo* (1), 65–72 [in Ukrainian].
- Pshenytsia. (2019). *Tekhnichni umovy: DSTU 3768:2019* [chynnyi vid 10.06.2019]. (Natsionalnyi standart Ukrainy) - Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy. 15 p. [in Ukrainian].
- Rekomendatsii shchodo system kontroliu shkidlyvykh orhanizmiv u posivakh pshe-nytsi ozymoi ta yaroї za riznykh system udobrennia u zoni Lisostepu v umovakh zminy klimatu (2020). redkol.: A.V. Kyrychenko, N.M. Havryliuk, L.A. Kuzmenko. Vinnytsia: TOV «Tvory», 20 p. [in Ukrainian].
- Solomko V. I. (2017). Optymizatsiia systemy zhyvlennia yaroї pshe-nytsi v umovakh Lisostepu Ukrainy. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 4, 72–77 [in Ukrainian].
- Solomko V. I. (2020). Optymizatsiia systemy zhyvlennia yaroї pshe-nytsi zalezno vid ahroklimatychnykh umov. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 6, 21–27 [in Ukrainian].
- Sukhomud O. H., Liubyts, V. V. (2010). Urozhai i yakist zerna pshe-nytsi yaroї za riznykh umov mineralnogo zhyvlennia. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 1, 35–41 [in Ukrainian].
- Shevnikov D. M. (2013). Vplyv mineralnykh dobryv ta biopreparativ na yakist zerna pshe-nytsi tverdoi yaroї. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 4, 153–157 [in Ukrainian].
- Yula V.M., Drozd M.O. (2021). Efektyvnist zastosuvannia biostymuliatoriv росту v tekhnolohii vyroshchuvannia pshe-nytsi yaroї v pivnichnomu Lisostepu.

Zemlerobstvo ta roslynyntstvo: Teoriia i praktyka, 2(2), 47–54 [in Ukrainian].

21. Yula V. M., Drozd M.O. (2023). Optymizatsiia systemy udobrennia ta zakhodiv dohliadu za posivamy pshenytsi yaroї v Pravoberezhnomu Lisostepu.

Zemlerobstvo ta roslynyntstvo: teoriia i praktyka, 4, 58–66 [in Ukrainian].

22. Bio-hel – orhanichne dobrovyo dlia roslyn ta gruntiv. URL: <https://biogel.com.ua/products/bio-gel-liquid/> [in Ukrainian].

Yula V.M., Drozd M.O., Buslayeva N.G.

Regularities of the influence of agrotechnological practices on spring wheat yield and grain quality in the Right-Bank Forest-Steppe

Aim. To improve the process of forming spring wheat productivity by optimizing the fertilization system and crop management, taking into account varietal characteristics under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The study aims to assess the impact of various agrotechnological practices on grain yield and quality, as well as to enhance the fertilization and crop management system. The obtained results will ensure stable production of high-quality grain and increase the economic efficiency of wheat cultivation. **Methods.** The research program included the following methods: field, biometric, measurement-weight, laboratory, comparative-calculation, and mathematical-statistical analyses. **Results.** As a result of the conducted research, it was established that the fertilization level has a significant influence on the productivity and grain quality of both spring bread and durum wheat. The highest yield indicators (4.26–4.34 t/ha) were obtained with the application of a complete mineral fertilizer ($N_{45}P_{90}K_{90}$) combined with additional nitrogen top dressing at growth stages 30 and 48 according to the BBCH scale. This contributed to the formation of well-developed grain with increased protein (up to 15.2%) and gluten content (up to 24.6%). The use of the biological preparation Bio-gel in combination with moderate fertilizer doses ($N_{30}P_{60}K_{60} + N_{30} + N_{30}$) had a positive effect on nutrient assimilation and yield stability under various crop protection systems. **Conclusions.** The results show that yield, grain quality, and the economic efficiency of growing bread spring wheat and durum spring wheat in the Right-Bank Forest-Steppe significantly depend on the fertilization system, crop protection system, and use of growth stimulants. The highest yield of spring wheat of both varieties was achieved with the application of complete mineral fertilizer $N_{45}P_{90}K_{90}$ with additional nitrogen dressings (N_{45}) at stages 30 and 48 according to the BBCH scale, which ensured the production of first class of grain quality. The optimal combination of moderate mineral fertilizer doses with a biostimulant provided a profit of 8.61 thousand UAH/ha for the Tanok variety and 7.70 thousand UAH/ha for the MIP Kseniya variety. These findings confirm the feasibility of an integrated approach considering varietal characteristics to ensure stable high-quality grain production and enhance the economic efficiency of spring wheat cultivation.

Ключові слова: biostimulant, crop care, economic efficiency, fertilizer system.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Юла В.М., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу технологій зернових колосових культур, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: tehnosntensiv@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7298-9522.

Дрозд М.О., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник відділу технологій

Yula V.M., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Head of Department of Cereal Spiked Crops Technologies, NSC «Institute of Agriculture NAAS», e-mail: tehnosntensiv@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7298-9522.

Drozd M.O., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of Department of Cereal Spiked Crops

зернових колосових культур, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: drozdu2018@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6078-0120

Буслаєва Н.Г., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник відділу економіки, ННЦ «ІЗ НААН», e-mail: nataliyabuslaeva@ukr.net, ORCID : 0000-0003-4956-7801.

Technologies, «Institute of Agriculture NAAS», e-mail: drozdu2018@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6078-0120.

Buslayeva N.G., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of Department of economic, «Institute of Agriculture NAAS», e-mail: nataliyabuslaeva@ukr.net, ORCID : 0000-0003-4956-7801.

Надійшла 25.09.2025

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КОРІАНДРУ ПОСІВНОГО В КОРМОВИРОБНИЦТВІ

М.І. Штакал, А.О. Лобурець

ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

Мета. Для умов чорнозему типового Лісостепу встановити біологічні особливості росту і розвитку коріандру посівного, його продуктивність та технологічну придатність для використання в якості природних стимуляторів росту тварин із метою формування на його основі кормових добавок органічного походження для годівлі тварин. **Методи.** Польовий, лабораторний, варіаційної статистики. **Результати.** За раннього строку сівби в рік посіву забур'яненість посівів коріандру посівного була вищою, ніж за пізнього строку сівби в 1,6 рази, що пояснюється знищенням першої і другої хвилі бур'янів дискуванням. Застосування пізніших строків сівби забезпечую кращу технологічну придатність коріандру посівного для використання у кормовиробництві. Урожайність зеленої маси коріандру посівного за першого строку сівби становила 11,9 і насіння – 1,38 т/га. Зниження норми висівання на 25% та пізніших строків сівби істотно не знижувало урожайність коріандру посівного, яка становила відповідно 11,6–11,8 і 1,34 т/га. Зменшення норми висівання на 25% додатково покращує ресурсозбереження за вирощування коріандру посівного. Цінність цієї культурної рослини полягає у вмісті в його складі ефірні олії – 0,7–1,5%, органічних кислот, рутину, кумарину, дубильних речовин тощо. Ввесь цей комплекс біологічно активних речовин у разі їх застосування в установлених дозах у раціоні тварин забезпечує стимулювальний ефект та можливість отримання органічної м'ясо-молочної продукції. **Висновки.** Коріандр посівний, маючи високу врожайність, технологічно придатний для заготівлі сировини і формування фітосумішей у годівлі сільськогосподарських тварин для отримання органічної продукції тваринництва. Біологічно активними речовинами його є ефірні олії, вітаміни, кумарин, дубильні речовини тощо. Удосконалення технології вирощування коріандру за рахунок зменшення норми висівання та строків сівби забезпечує економічну ефективність його вирощування.

Ключові слова: технологічна придатність, урожайність, строки сівби, норми висівання, біологічно активні речовини, фітосуміші, органічні кормові добавки.

Вступ. Коріандр посівний із давніх-давен широко відомий у рослинництві як ефіроолійна культура. Його батьківщина – Південна Європа і Мала Азія. В нашу країну завезений з Іспанії в 1830 р. Ефірні олії цієї культури широко використовуються в парфумерній промисловості для виготовлення ароматичних речовин. Насіння коріандру використовується в медицині, кондитерській і консервній промисловості. Крім того, завдяки високому вмісту в насінні коріандру жирних олій, його сировина широко застосовується в миловарній, текстильній і поліграфічній промисловості[1–3]. Препарати з коріандру проявляють спазмолітичну, антисептичну, болетамувальну, жовчогінну, відхаркувальну та ранозагоювальну дію.

Вони посилюють секрецію залоз травного каналу, стимулюють регенерацію пошкоджених тканин тощо [4; 5]. Ці властивості коріандру посівного свідчать про цінність цієї культури для широкого використання в народному господарстві. Однак її мало вивчено для використання у кормовиробництві. Це, зокрема, стосується використання як кормових добавок органічного походження для годівлі тварин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Коріандр посівний (*Coriandrum sativum* L.) – однорічна ефіроолійна трав'яниста рослина родини селерових (зонтичних) — *Apiaceae*. Має стержневий корінь. Стебло розгалужене заввишки 50–90 см. Суцвіття складний зонтик. Квітки дрібні, білого або

блідо-рожеві, жовті. Запилення перехресне за допомогою бджіл чи інших комах. Плід сім'янка округлої форми. Маса 1000 насінин 7–10 г. Зрілі плоди легко обсіпаються. Коріандр не вимогливий до тепла. Насіння починає проростати за 6–8 °С. Сходи стійкі до приморозків. Він вимогливий до вологи, особливо у фазі інтенсивного росту та за цвітіння. В сівозміні його розміщують після ранніх зернових культур. Боротьбу з бур'янами проводять агротехнічними та хімічними засобами. Вологість зібраного насіння повинна не перевищувати 12% [6].

У технології вирощування досить вивчені питання кращих попередників, способи сівби, кращі сорти для умов України, норми висівання, система захисту рослин, строки збору урожаю тощо [7; 8]. Наразі використання коріандру посівного розширене і він почав використовуватися також у годівлі тварин як кормові добавки органічного походження. Особливо це важливо за системи органічного виробництва кормів для різкого покращання якості виробленої продукції, адже використання преміксів у годівлі тварин істотно знижує її якість [9]. В цих умовах важливо з технології вирощування виключати внесення мінеральних добрив і пестицидів, переважно для підвищення врожайності та боротьби з сегетальною рослинністю. Дослідження ННЦ «ІЗ НААН» показали перспективність використання коріандру посівного в годівлі молочного поголів'я великої рогатої худоби [10]. Тому виникає потреба в уточненні норм висівання і строків сівби з метою запровадження ресурсо- і енергоощадних технологій у кормовиробництві за умови використання його в якості біологічних стимуляторів росту тварин.

Мета досліджень – встановити можливість використання коріандру посівного в якості природного стимулятора росту тварин та з урахуванням продуктивності насіння і вмісту в ньому біологічно активних речовин, придатності в формуванні з нього фітосумішей для годівлі тварин із метою отримання органічної продукції тваринництва.

Умови і методика досліджень. Польові дослідження проводили в стаціонарному досліді на чорноземі типовому Панфільської дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН» упродовж 2023–2025 рр. Облікова площа ділянки становила – 10 м², повторення чотириразове. Сівбу коріандру посівного проведено в період 28 березня–5 квітня 2023–2025 рр. Спосіб сівби – широкорядний із міжряддями 45 см. Висівали повну норму – 10 кг/га та знижували її на 25% (7,5 кг/га). З метою

покращення боротьби з бур'янами застосовували пізніший строк сівби (15–20 квітня). Збирання врожаю виконували в період 28 липня – 2 серпня. Облік урожаю здійснювали зернозбиральним комбайном Сампо-130 з наступним зважуванням насіння з усієї облікової ділянки – згідно з методиками Інституту кормів НААН [11]. Вміст сухої речовини у зеленій масі коріандру посівного визначали термостатно-ваговим методом з висушуванням зразків за температури 105 °С. Вміст біологічно активних речовин у повітряно-сухій сировині проводили за методиками, наведеними у Державній фармакопеї України та в Європейській фармакопеї [12]. Повний зоотехнічний аналіз і перетравність корму *in vitro* та вміст у ньому мінеральних елементів визначали за ДСТУ 4117:2007 методом інфрачервоної спектрометрії з комп'ютерним забезпеченням. Кількість безазотистих екстрактивних речовин визначали шляхом віднімання від 100 % вмісту сирого протеїну, сирого жиру, сирої клітковини, сирої золи в сухій масі корму. Математичну обробку одержаних результатів польових дослідів проводили методом дисперсійного аналізу за В.О. Єщенко на персональному комп'ютері з використанням сучасних пакетів прикладних програм Microsoft Excel та Mathcad.

Погодні умови в роки досліджень за температурним режимом перевищували норму на 1,5–3,3 °С, а за сумою опадів перевищували норму на 11 мм в 2023 р. Особливо посушливим був 2024 р., коли випало лише 223 мм опадів (70% норми). В 2025 р. погодні умови характеризувалися ранньою весною, що дало можливість проведенню успішної боротьби з бур'янами. Однак у травні спостерігалось зниження температури повітря до заморозків, що спричинило затримку в рості рослин коріандру. Загалом, погодні умови характерні для зони Лісостепу і сприятливі для вирощування коріандру посівного.

Результати та їх обговорення. Фенологічні спостереження за ростом і розвитком коріандру посівного показали його придатність для вирощування в умовах чорнозему типового Лісостепу і отримання з нього насіння та перспективність запропонованих нами технологічних заходів його вирощування. Коріандр посівний був посіяний у 2023 р. за першого строку посіву 2 квітня і другого строку – 16 квітня, а у 2024 р. відповідно 4 квітня і 18 квітня. У 2025р. коріандр посівний за першого строку сівби був посіяний 28 березня і за другого строку сівби – 15 квітня (рис.1). Поява сходів коріандру спостерігалася у 2023 р. за

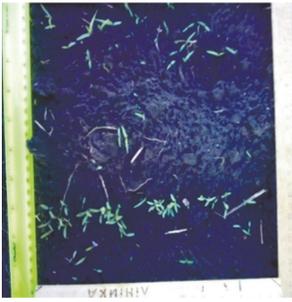
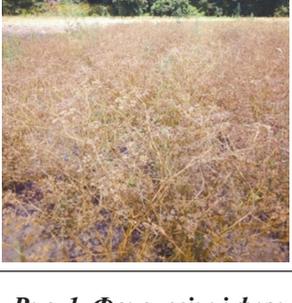
Фото	Фенологічна фаза	Роки		
		2023	2024	2025
	Поява сходів першого строку сівби 20–27. і другого – 3–10.04. 2023–2025 рр.	Першого строку сівби 16–25.04 і другого строку – 1–6.05	Першого строку сівби 12–22.04 і другого строку – 28.04–5.05	Першого строку сівби 14–17.04 і другого строку – 27.04–2.05
	Фаза стеблуння	Першого строку сівби 30.05–12.06 і другого строку – 5–18.06	Першого строку сівби 25.05–10.06 і другого строку – 1–15.06	Першого строку сівби 10.05–1.06 і другого строку – 25.05–10.06
	Фаза галуження початок цвітіння	Першого строку сівби – 10–20.06 і з другого строку – 14–24.06	Першого строку сівби – 8–18 і другого строку – 10–20.06	Першого строку сівби 1–20.06 і другого строку – 10–25.06
	Фаза цвітіння	Першого строку сівби 28.06–12.07 і другого строку – 30.06–15.07	Першого і другого строків сівби – 25.06–12–07	За першого строку сівби 15–30.06 і другого строку – 25.06–10.07
	Фаза дозрівання	Збирання врожаю насіння за обох строків сівби проведено 2.08	Збирання врожаю насіння за обох строків сівби проведено 28.07	Збирання урожаю насіння за першого строку сівби 28.07 і другого – 1.08

Рис. 1. Фенологічні фази росту і розвитку коріандру посівного та календарні строки їх проходження у 2023–2025 рр.

першого строку сівби в період 16–25 квітня, а другого строку відповідно – 1–6 травня, а у 2024 р. відповідно 12–22.04 і 28.04–5.05. У 2025 р. поява сходів спостерігалася за першого строку сівби в період 14–17.04 і другого строку сівби відповідно 27.04 і 2.05.

Інтенсивне стеблуння в 2023 р. за першого строку сівби проходило в період 30.05–12.06 і за другого строку відповідно – 5–18.06. У 2024 р. коріандр посівний проходив ці фази за першого строку сівби у період 25.05–10.06 і другого строку сівби – 1–15.06,

Таблиця 1. Забур'яненість посівів коріандру посівного в роки досліджень, шт./м²

№ п/п	Вид трав	Строки сівби	Роки досліджень			
			2023	2024	2025	Середнє
1	Коріандр посівний	Ранній – 28.03–5.04	248±42	252±42	144±12	215±32
2		Пізній – 14–18 квітня	156±37	152±24	96±9	135±23

а у 2025 р. відповідно 10.05–1.06 і 25.05–10.06. Фаза галушення у коріандру посівного 2023 р. наставала та проходила за першого строку сівби в період 10–20.06 і за другого строку сівби–14–24.06. У 2024 р. цю фазу коріандр посівний проходив відповідно – 8–18.06 і 10–20.06 і у 2025 р. – 1–20.06 і 10–25.06.

Цвітіння коріандру посівного відбувалося у такі календарні стоки: у 2023 р. за першого строку сівби – 28.06 – 12.07 і другого строку сівби 30.06–15.07, а у 2024 р. за першого і другого строку сівби відповідно – 25.06–12.07 та у 2025 р. – 15–30.06 і 25.06–10.07. Тобто рослини другого строку сівби входили у фазу цвітіння фактично одночасно з рослинами першого строку сівби. Аналогічно і настання фази дозрівання за різних строків сівби відбувалося практично одночасно за обох строків сівби. Однак у 2025 р. за другого строку сівби–збирання врожаю проведено на 4 дні пізніше (1.08). Збирання насіння коріандру у 2023 р. проводилося 2 серпня, у 2024 р. – 28 липня і у 2025 р. – 28.07–1.08. Тобто тривалість вегетаційного періоду коріандру посівного становить 120–125 діб і забезпечує отримання насіння в жаркий період року та не потребує додаткових затрат на доосушку насіння.

Результати досліджень з впливу строків сівби на забур'яненість посівів коріандру посівного показали, що пізній строк сівби сприяє зниженню забур'яненості його посівів (табл.1). Так, забур'яненість коріандру посівного за 2023-2024 рр. за першого строку сівби була майже однаковою і становила 248±42 і 252±42 шт./м². Близькими за цими показниками за роками була забур'яненість і за другого строку сівби (156±37 і 152±24 шт./м²), з тією різницею, що вона була в 1,6 раза нижчою, ніж за першого строку сівби. Це свідчить про те, що перенесення строків сівби на 15 днів дає змогу провести додаткову боротьбу з бур'янами і значно зменшити забур'яненість посівів, що важливо для зниження затрат та зменшення забур'яненості посівів за органічного кормовиробництва. На третій рік досліджень у 2025 р. за ранньої весни забур'яненість посіву була за обох строків сівби нижчою ніж у попередні роки і становила відповідно

144±12 шт./м² і 96±9 шт./м² або зменшувалася на 43 і 27%. Це можна пояснити тим, що в умовах ранньої весни і вищих за норму температур у березні спостерігалися ранні сходи бур'янів які знищувалися за проведення передпосівної підготовки ґрунту за обох строків сівби.

Отже в середньому за роки досліджень забур'яненість становила за першого строку сівби 215±32 і за другого строку сівби – 135±23 шт./м² або зменшувалася за другого строку сівби на 37%. Більшість бур'янів знищується додатковим міжрядним обробітком.

У коріандру посівного в кормовиробництві використовується його насіння. Однак і урожай зеленої маси побічно вказує на величину урожайності насіння. Так, у 2023 р. урожайність зеленої маси становила лише 8,2–8,4 т/га, що й забезпечило досить низьку врожайність насіння, яка становила на різних варіантах досліду 0,62–0,69 т/га (табл.2). Це пояснюється несприятливими погодними умовами, коли у квітні – першій половині травня була прохолодна погода, що призводило до затримки росту рослин. Значно сприятливішими погодні умови були у 2024 р. В наслідок цього урожайність зеленої маси коріандру посівного зростала до 12,8–13,9 т/га, а відтак, значно зростала і урожайність насіння і становила 1,52–1,59 т/га. Найвищі показники урожайності насіння (1,59 т/га) отримано за сівби раннього строку і повною нормою висівання. Однак і за висівання зниженою на 25% нормою висівання та пізніших строків сівби різниця в урожайності була незначною (1,52–1,54 т/га) і знаходилася в межах точності досліду. У 2025 р. урожайність коріандру посівного становила за першого строку сівби 13,4 т/га зеленої маси і 1,87 т/га насіння. На такому самому рівні врожайність була і за зниження строків сівби на 25% і пізніших строків сівби і становила 13,5–14,2 т/га зеленої маси і 1,85–1,87 т/га насіння. В середньому за роки досліджень встановлено, що врожайність насіння коріандру посівного за зниження норми висівання на 25% не знижує його врожайність. Не спостерігалось зниження врожайності даного виду і за сівби в пізніші строки, що має важливе значення

Таблиця 2. Урожайність коріандру посівного залежно від норм висівання та строків сівби за 2023–2025 рр., т/га

№ п/п	Варіанти досліджу	Роки досліджень			
		2023	2024	2025	Середнє
1	Сівба 1–5 квітня повною нормою висівання (6 кг/га)	8,3/0,69	13,9/1,59	13,4/1,87	11,9/1,38
2	Сівба зі зниженням норми висівання на 25% (4,5 кг/га)	8,2/0,62	13,2/1,54	13,5/ 1,87	11,6/1,34
3	Сівба 15–25 квітня повною нормою висівання (6 кг/га)	8,4/0,64	12,8/1,52	14,2/1,85	11,8/1,34
	НІР ₀₅ по насінні	0,24	0,24	0,18	

Примітка. В чисельнику – зелена маса, а у знаменнику – насіння.

в боротьбі з бур'янами. З огляду на отримані результати досліджень можна стверджувати, що зниження норми висівання коріандру посівного на 25% не призводить до істотного зниження їх врожаю, що має важливе ресурсоощадне значення. Нами встановлено, що за зниження норми висівання відбуваються інтенсивніше гілкування рослин. Тому площа листової поверхні в період цвітіння між варіантами практично не розрізняється, що позначається на відсутності відмінності в урожайності насіння. Важливим показником придатності коріандру посівного для використання в кормовиробництві є його поживність за показниками повного зоотехнічного аналізу.

Слід зазначити, що такі дослідження майже не проводилися з відомих причин використання його

з лікувальною метою. З аналізу літератури можна стверджувати, що лише в останній час почали вивчати поживність лікарсько-кормових трав. Так, за даними інституту кормів і Поділля НААН важливого значення в годівлі сільськогосподарських тварин мають як поживні речовини кормів, так і вміст у них біологічно активних речовин, що позитивно діють на ріст тварин і птицю [13;14]. Однак комплексного вивчення поживності кормів у коріандру посівного не проводилося. Втім це має важливе значення і поживність кормів слід враховувати при складанні раціонів годівлі тварин та птиці.

Наші дослідження з вивчення поживності сухої маси коріандру посівного показали їх високу якість (табл.3). В результаті даних визначень встановлено,

Таблиця 3. Хімічний склад коріандру посівного за 2023–2025 рр., % на суху речовину

Види трав № варіанта	Сирий протеїн	Сирий жир	Сира клітковина	Сирі БЕР	Сира зола	Перетравність	К	Р	Са
2023 р.									
Коріандр посівний, зелена маса 1	15,2	3,7	25,6	47,6	7,9	63,1	2,36	0,78	1,42
Коріандр посівний, насіння 1	24,7	21,2					1,4	1,1	
2024 р.									
Коріандр посівний, зелена маса, 1	16,1	3,60	22,3	49,4	8,64	58,3	2,98	0,85	1,25
Коріандр посівний, насіння 3	20,3	25,0					1,4	1,2	
2025 р.									
Коріандр посівний, зелена маса 1	9,5	3,1	28,2	51,8	7,42	48,2	2,23	0,66	1,22
Коріандр посівний, насіння 3	20,8		24,6						
Зоотехнічна норма	9–14	2–4	22–24	48–55	8–12		1–3	0,5–0,8	0,7–1,4

що вміст сирого протеїну у 2023 р. становив 15,2%, а у 2024 р. відповідно – 16,1%. На рівні зоотехнічної норми у цих видів і вміст сирого жиру і становив у 2023 р. 3,6% і у 2024 р. відповідно – 3,7%. Достатнім для тварин також і вміст сирогої клітковини, вміст якої в сухій масі становив у 2023 р. 25,6%, у 2024 р. відповідно – 22,3%. Вміст сирих безазотистих екстрактивних речовин у 2023 р. знаходився на рівні 47,6%, а у 2024 р. дещо підвищувався до рівня 49,4%. Вміст сирогої золи в сухій масі за 2023 і 2024 рр. мало змінювався і становив 7,9–8,6 %. Дослідженнями встановлено, що вміст калію в сухій масі також мало змінювався за роками і становив у межах 2,4–3,0%. Аналогічно і вміст фосфору мало змінювався за роками та був у межах зоотехнічної норми і становив 0,78–0,85%. Кальцій також необхідний елемент для живлення тварин і його в сухій масі трав, згідно зоотехнічної норми, не повинно бути менше 0,7–1,4%. Наші дослідження показали, що його вміст в сухій масі коріандру посівного за роки досліджень становив 1,25–1,42%. Тому, в результаті проведених досліджень за хімічним складом нами встановлено, що корм із коріандру посівного, загалом, відповідає зоотехнічним вимогам для годівлі тварин і є цінним через високий вміст у ньому сирого протеїну. Насіння коріандру посівного відзначається високим вмістом сирого протеїну (20,3–24,7%) та жиру (21,2–25%). Його жирна олія, яка складається з тригліцеридів кислот: олейнової – 85,1%, лінолевої – 10,2%, лінолевої і пальмітинової – 6,5%.

Однак коріандр посівний має високу цінність для кормовиробництва як культура з високим вмістом біологічно активних речовин. Плоди коріандру посівного містять ефірну олію – 0,7–1,5%, до складу якої входять переважно ліналоол – 60–70%, гераніол – 3–7%, нерол, ліналілацетат – 3–5%, геранілацетат 3–7%, цитронелол, терпінеол-4, γ -терпінеол, борнеол, мірцен – 0,2–0,3%, цис- і транс-оцимен, (–)-лімонен – 3%, β -феландрен, α - і γ -терпінен, α - і β -пінен, сабінен, Δ^3 -карен, камфен, α -туйен, камфора, п-цимен, транс-тридецен-2-аль, дециловий альдегід. У плодах також виявлені тритерпеноїди: коріандринол, коріандринондіол; стероїди: β - і γ -ситостерин, стигмастерин; фталіди: неокнідилід; фенолкарбонові кислоти і їх похідні: 4- β -D-глюкопіранозилоксибензойна кислота; кумарини: умбеліферон, скополетин; флавоноїди: 3-глюкуронід кверцетину, ізокверцитрин, рутин; білкові й дубильні речовини, холін, смоли, вуглеводи: глюкоза, фруктоза і сахароза.

У результаті виробничих випробувань на молочному поголів'ї великої рогатої худоби в ПП «Соснова» Бориспільського р-ну Київської обл. фітосумішей лікарсько-кормових трав зі вмістом коріандру посівного отримано підвищення добових надоїв молока на 10–12 %, вмісту жиру – на 0,43% і білка – на 0,05%. Це вказує на перспективність включення до складу кормових добавок органічного походження коріандру посівного, що відображено в патенті на винахід № 128789, Бюл. № 43/2024 «Кормова добавка органічного походження для годівлі дійного стада великої рогатої худоби» [15].

Висновки

1. Тривалість вегетаційного періоду коріандру посівного становить 120–125 діб і забезпечує отримання насіння в жаркий період року та не потребує додаткових затрат на його доведення до стандартної вологості.
2. У середньому за роки досліджень забур'яненість посівів коріандру посівного становила за першого строку сівби 215 ± 32 і за другого строку сівби – 135 ± 23 шт./м² або зменшувалася за другого строку сівби на 37%, що вказує на перспективність пізніших строків сівби. У 2025 р., за ранньої весни, була можливість додаткової боротьби з бур'янами за рахунок чого додатково забур'яненість посівів зменшується на 27–43%.
3. Урожайність зеленої маси коріандру посівного за першого строку сівби становила 11,9 і насіння – 1,38 т/га. Зниження норми висівання на 25% істотно не знижувало урожайність коріандру посівного, яка становила відповідно 11,6 і 1,34 т/га, що пояснюється інтенсивнішим гілкуванням рослин і має важливе ресурсозберігаюче значення. Запровадження пізніших строків сівби не знижує врожайність коріандру посівного, але покращує чистоту посівів і відповідно якість отриманої продукції.
4. Цінність коріандру посівного полягає у вмісті в його складі ефірні олії – 0,7–1,5%, органічних кислот, рутину, кумарину, дубильних речовин тощо. Ввесь цей комплекс біологічно активних речовин у разі їх застосування в установлених дозах в раціоні тварин забезпечує стимулювальний ефект та можливість отримання органічної м'ясо-молочної продукції.

ЛІТЕРАТУРА

1. Якубенко Б.Є., Біленко В.Г., Лікар Я.О., Лушпа В.І. Лікарські рослини: Технологія вирощування та використання. К.: Ларі-к. 2020. 597 с.
2. Захаров В.В., Юрченко І.В. Збагачення печива з пісочного тіста нетрадиційною рослинною сировиною. Матеріали IV Науково-практичної конференції з міжнародною участю до 20-річчя кафедри фармакології та ботаніки Національного університету ім. О.О. Богомольця, том.2. 20 лютого 2023 року м. Київ «PLANTA +. Наука, практика та освіта». С.12–14.
3. Minarchenko V.M., Lysiuk R.M., Kovalska N.P. Medicinal plant resources:textbook. Kyiv: PALYVODA A.V., 2019. 240 p.
4. Бабич А.О. Світові земельні, продовольчі і кормові ресурси. К.: Аграрна наука.1996. 570 с.
5. Хареба В.В. і ін. Малапоширені овочеві рослини. Ч.2. Навчальний посібник. К.: Аграрна наука, 2016. С.117–192.
6. Рудик- Іващенко О.І., Макух Я.П., Ременюк С.О. Залежність якісних показників сировини лікарських культур від способу захисту посівів від бур'янів. Матеріали VI Міжнародної наукової конференції (Березоточа, 25 березня 2023 року) ДСЛР ІАП НААН. Лубни:ВКФ «Інтер Парк», 2023. С.243–246. doi :https://doi.org/10.5281/zenodo.7845320.
7. Зінченко О.І. Рослинництво: підручник. Умань. Видавець «Сочинський М.М.».2016, 612 с.
8. Герба Н.П., Шило Н.П. Наслідки вивчення деяких лікарських та ефіроолійних рослин в умовах Прилук. Проблеми лікарського рослинництва. Тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції з нагоди 80-річчя інституту лікарських рослин УААН (3-5 липня 1996 р., м. Лубни). Полтава 1996. С.158-159.
9. Поліщук А.А., Булавкіна Т.П. Сучасні кормові добавки в годівлі тварин і птиці. *Вісн. Полтавської державної аграрної академії.* №2.2010. С.63–66.
10. Штакал М.І., Штакал В.М., Іващенко С.Ф. Фітосуміші лікарсько-кормових трав для годівлі тварин- запорука отримання екологічно чистої продукції тваринництва. Матеріали VI Міжнародної наукової конференції (Березоточа, 25 березня 2023 року) ДСЛР ІАП НААН. Лубни:ВКФ «Інтер Парк», 2023. С.84–86. doi :https://doi.org/10.5281/zenodo.7845320.
11. Бабич А.О. і ін. Методика проведення дослідів з кормовиробництва і годівлі тварин. К.: Аграрна наука.1998, 98 с.
12. Державна Фармакопея України.(2015)Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2-е вид. Харків: Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2015. 336
13. Новаковская, В., Чернолата, Л., Гуцол, А. и др. Качественный состав лекарственных трав, используемых в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы. *Корма и кормопроизводство.*2022. (93). С. 115–122. doi:https://doi.org/10.31073/10.31073/kormovyrobnytstvo202293-11.
14. Крыжак, Л.М., Гуцол, Н.В., Мысенко, О.О. Использование лекарственных растений в качестве биологически активных добавок в животноводстве. *Корма и кормопроизводство.* 2020. (90). С.134–144. doi:https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202090-12.
15. Штакал М.І., Камінський В.Ф., Коломієць Л.П., Штакал В.М., Стариченко В.М. Патент на винахід № 128789, Бюл. № 43/2024 «Кормова добавка органічного походження для годівлі дійного стада великої рогатої худоби».

REFERENCES

1. Yakubenro B.Ye., Bilenko W.G., Lyrar Ya.O., Lushpa W.I. (2020). Medicinal plants: cultivation and use technology. K.: Lari-k. 597 p.
2. Zakharov V.V., Yurchenko I.V. (2023). Enrichment of shortcrust pastry cookies with non-traditional plant raw materials. Materials of the IV Scientific and Practical Conference with International Participation to the 20th Anniversary of the Department of Pharmacology and Botany of the O.O. Bogomolets National University, vol. 2. February 20, Kyiv «PLANTA +. Science, Practice and Education». P. 12–14.
3. Minarchenko V.M., Lysiuk R.M., Kovalska N.P. (2019). Medicinal plant resources:textbook. Kyiv: PALYVODA A.V., 240 p.
4. Babich A.O. (1996). World land, food and feed resources. Kyiv: Agrarian Science. 570 p.
5. Khareba V.V. et al. (2016). Rare vegetable plants. Part 2. Textbook. K.: Agrarna nauka,. P.117-192.

6. Rudyk-Ivashchenko O.I., Makukh Ya.P., Remenyuk S.O. (2023). Dependence of qualitative indicators of raw materials of medicinal crops on the method of protecting crops from weeds. Materials of the VI International Scientific Conference (Berezotocha, March 25, 2023) DSLR IAP NAAS. P.243–246. doi:https://doi.org/10.5281/zenodo.7845320.
7. Zinchenko O.I. Crop production: a textbook (2016). Uman. Publisher «Sochynskiyi M.M.», 612 p.
8. Gerba N.P., Shylo N.P. (1996). The results of the study of some medicinal and essential oil plants in the conditions of Pryluky. Problems of medicinal plant growing. Abstracts of the reports of the International Scientific and Practical Conference on the occasion of the 80th anniversary of the Institute of Medicinal Plants of the Ukrainian Academy of Sciences (July 3-5, 1996, Lubny). P.158–159.
9. Polishchuk A.A., Bulavkina T.P. (2010). Modern feed additives in animal and poultry feeding. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. No. 2, 63–66.
10. Shtakal M.I., Shtakal V.M., Ivashchenko S.F. (2023). Phytomixtures of medicinal and fodder herbs for animal feeding – a guarantee of obtaining environmentally friendly livestock products. Materials of the VI International Scientific Conference (Berezotocha, March 25, 2023) DSLR IAP NAAS. Lubny: VKF «Inter Park». P.84–86. doi:https://doi.org/10.5281/zenodo.7845320.
11. Babych A.O. et al. (1998). Methodology for conducting experiments on feed production and animal feeding. K.: Agrarna nauka. 98 p.
12. State Pharmacopoeia of Ukraine.(2015). State Enterprise «Ukrainian Scientific Pharmacopoeial Center for the Quality of Medicines». 2nd ed. Kharkiv: State enterprise «Ukrainian Scientific Pharmacopoeia Center for the Quality of Medicines». 336p.
13. Novakovskaya, V., Chernolata, L., Hutsol, A. and others.(2022). Quality composition of medicinal herbs used in feeding agricultural animals and poultry. *Feed and fodder production, (93)*, 115–122. doi:https://doi.org/10.31073/10.31073/kormovyrobnytstvo202293-11.
14. Kryzhak, L.M., Hutsol, N.V., Mysenko, O.O. (2020). The use of medicinal plants as biologically active additives in animal husbandry. *Feed and fodder production, (90)*, 134–144. doi : https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202090-12.
15. Shtakal M.I., Kaminsky V.F., Kolomiets L.P., Shtakal V.M., Starichenko V.M. (2024). Patent for invention No. 128789, Bull. No. 43 «Feed additive of organic origin for feeding dairy cattle»

Shtakal M.I., Loburets A.O.

Prospects of using coriander in feed production

Aim. For the conditions of the typical black soil of the Forest-Steppe, to establish the biological features of the growth and development of coriander seed, its productivity and technological suitability for use as natural stimulants of animal growth in order to form on its basis feed additives of organic origin for animal feeding. **Methods.** Field, laboratory, variational statistics. **Results.** At an early sowing date in the year of sowing, the weediness of coriander seed crops was 1.6 times higher than at a late sowing date, which is explained by the destruction of the first and second waves of weeds by disking. The use of later sowing dates provides better technological suitability of coriander seed for use in feed production. The yield of green mass of coriander seed during the first sowing date was 11.9 and seeds -1.38 t/ha. Reducing the sowing rate by 25% and later sowing dates did not significantly reduce the yield of coriander seed, which was 11.6-11.8 and 1.34 t/ha, respectively. Reducing the sowing rate by 25% additionally improves resource conservation when growing coriander seed. The value of coriander seed based on the content of essential oils in its composition - 0.7-1.5%, organic acids, rutin, coumarin, tannins, etc. This entire complex of biologically active substances, when used in established doses in the diet of animals, provides a stimulating effect and the possibility of obtaining organic meat and dairy products. **Conclusions.** Coriander seed, having a high yield, is technologically suitable for the preparation of raw materials and the formation of phytomixtures in the feeding of farm animals to obtain organic livestock products. Its biologically active substances are essential oils, vitamins, coumarin, tannins, etc. Improving the technology of growing coriander by reducing the sowing rate and sowing dates ensures the economic efficiency of its cultivation.

Key words: technological suitability, yield, sowing dates, sowing rates, biologically active substances, phytomixtures, organic feed additives.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Штакал М.І., Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН України», доктор с.-г. наук, старший науковий співробітник, e-mail: Shtakal.mykola@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9511-0290.

Лобурець А.О., аспірант Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН», e-mail: 0668402228@ukr.net, ORCID: 0009-0006-4936-4464.

Shtakal M.I., doctor of agricultural sciences, senior researcher, National Scientific Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Sciences», e-mail: shtakal.mykola@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9511-0290.

Loburets A.O., postgraduate student of National Science Center «Institute of Agriculture of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine», e-mail:0668402228@ukr.net, ORCID:0009-0006-4936-4464.

Надійшла 22.08.2025

ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВИРОЩУВАННЯ АМАРАНТУ, КУНЖУТУ, ГАРБУЗА ГОЛОЗЕРНОГО ЯК ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР

В.В. Осадчук, В.В. Мойсієнко

Поліський національний університет (м. Житомир, Україна)

Мета. Установити особливості формування врожайності насіння олійних культур та економічну ефективність їх вирощування залежно від сорту, способів основного обробітку ґрунту і удобрення в агрокліматичних умовах Полісся. **Методи.** У статті наведені трирічні результати досліджень, що проводили на дерново-підзолистих суглинкових ґрунтах Полісся впродовж 2023–2025 рр. за такими методами: польовий, вимірювально-ваговий, факторний аналіз, розрахунково-конструктивний, визначення прибутку, порівняльний аналіз, визначення та аналіз рентабельності. **Результати.** Сорти амаранту (Лера і Студентський) забезпечили насіннєву врожайність на рівні 0,58–0,86 т/га, сорти гарбуза (Гляйсдорфер Олькюрбіст і Ольга) сприяли отриманню врожайності насіння 0,56–0,89 т/га, а врожайність сортів кунжуту (Кадет і Гусар) була найбільшою і знаходилася в межах від 0,74 до 1,28 т/га. Установлено, що найменш затратною олійною культурою для Полісся був амарант (18237–20237 грн/га), а вирощування кунжуту індійського потребує найбільших виробничих витрат (24687–27087 грн/га). Однак, позакореневе підживлення рослин кунжуту органомінеральним добривом Фулвіт Баланс, 0,5 л/га на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$ та звичайної оранки на 18 см, а також висока реалізаційна ціна насіння обумовили найвищий умовно чистий прибуток – 126,51 тис. грн/га за рівня рентабельності 567,06%. **Висновки.** Удосконалення елементів технології вирощування амаранту, гарбуза голозерного і кунжуту підвищує врожайність та економічний ефект за рахунок оптимізації сортів, добрив, способів обробітку ґрунту та збереження довкілля.

Ключові слова: сорти, обробіток ґрунту, добрива, врожайність, вартість продукції, виробничі витрати, умовно чистий прибуток, собівартість, рівень рентабельності.

Вступ. Серед олійних культур амарант (*Amaranthus* L.), гарбуз голозерний (*Cucurbita pepo* L.) та кунжут індійський (*Sesamum indicum* L.) є не лише цілющими, поживними рослинами, а й економічно вигідними з необмеженими перспективами і напрямками використання. Економічна ефективність вирощування цих культур на насіння та олію залежить від багатьох чинників, зокрема урожайності, цін на сировину та витрат на виробництво. Завдяки високій ціні на світовому ринку існує можливість отримати високу прибутковість і рентабельність цих культур за низьких витрат на насіннєвий матеріал порівняно з іншими олійними культурами. Голонасінний гарбуз нині досить вигідна нішева культура, насіння якого містить білки, жири, магній, цинк, вітаміни К і Е. Це свідчить про позитивний вплив на серцево-судинну систему, травлення, підтримку здоров'я кісток і шкіри, сприяє кращому сну та знижує рівень холестерину. Амарант

є джерелом сквалену, який омолоджує організм і зміцнює імунітет, з однієї тонни амаранту можна отримати 30–60 л цінної олії. Насіння кунжуту корисне завдяки багатому складу, що включає клітковину, корисні жири, білок, вітаміни (групи В, Е) та мікроелементи (кальцій, магній, залізо, мідь).

Виявлення основних проблем виготовлення олійної продукції за збереження лідируючої позиції України на світовому ринку олії свідчить про стратегічне значення діяльності бізнесу у цій галузі [4]. Установлено, що модель економічної поведінки виробника олійних культур залежить від його участі в економічних процесах, від фінансових можливостей та стану економіки в країні [3].

Аналіз наукових публікацій щодо економічної ефективності технологій вирощування олійних і ефіроолійних культур свідчить, що вона значною мірою залежить від сукупності внутрішніх (ресурсне

забезпечення, планування, організація виробництва) і зовнішніх (ринок, ціни) факторів. Природно-кліматичні умови, якість земельних ресурсів, сортовий і видовий склад посівів, рівень механізації, використання добрив і засобів захисту рослин є ключовими чинниками [7; 17].

Дослідженнями, що проведені із сортами амаранту в умовах достатнього зволоження Лісостепу Західного, встановлено, що найбільш врожайним був сорт Харківський 1 – 4,03 т/га. Умовно чистий прибуток від цього сорту становив 56305 грн, а найменший у сорту Ульгра – 4805 грн. Сорт Сем забезпечив 24055 грн, Поліщук – 10805 грн, сорт Ацтек – 10305 грн [11]. В умовах темно-сірого опідзоленого ґрунту виявлено, що збільшення норм мінеральних добрив до $N_{200}P_{80}K_{160}$ під амарант сорту Харківський 1 підвищувало врожайність зерна (4,88 т/га) і покращувало показники економічної ефективності. Виробничі витрати на мінеральні добрива на цьому варіанті зросли до 27450 грн, хоча собівартість 1 т зерна амаранту коливалася у незначних межах – 10087–10682 грн [18].

Оцінка економічної ефективності вирощування сортів гарбуза мускатного вказує на те, що гарбузова галузь дає можливість отримувати від 6600 грн до 16453 грн від реалізації 1 т продукції. Так, вирощування сорту Яніна за внесення мінеральних добрив $N_{30}P_{45}K_{30}$ та формування площі живлення рослин 5 м² сприяло одержанню 20,6 т/га безпечних для дитячого харчування плодів собівартістю 251,35 грн/кг, чистий прибуток 11283,93 грн/га та рівень рентабельності 218% [9]. Науковці і практики стверджують, що витрати на сівбу і збирання звичайного гарбуза значно менші порівняно з голонасінним, але прибуток від останнього удвічі більший. Встановлено, що найбільш економічно вигідними були сорти гарбуза мускатного Диво і Доля за показників найвищої урожайності – 34,3–36,3 т/га, умовно чистого доходу – 20013,9–21851,9 грн/га та рівня рентабельності – 140,1–151,2%. Обробка насіння та рослин сорту Яніна препаратом Біолан забезпечила високу урожайність – 46,3 т/га, умовно чистий дохід – 30619,7 грн/т та рівень рентабельності – 195,3%. У сорту Доля ці показники знижувалися і були економічно не вигідними [1; 2; 13]. Вивчення експериментального матеріалу із 14-ти сортів гарбуза, зібраних із різних частин Індії, показало, що сорт Нарендра Амріт є найкращим серед усіх інших сортів. А сорти Пенджаб Самрат, Каші Харіт та Чандана можуть бути рекомендовані для вирощування

в місцевих агрокліматичних умовах із досить високим рівнем переваг [15].

Підвищення ефективності виробництва кунжуту має вирішальне значення для ефіопської економіки та для засобів існування дрібних фермерів. Виробництво насіння вимагає наявності достатньої кількості робочої сили, особливо під час збору врожаю, через проблему його розтріскування [16]. Під впливом застосування Rost-концентрату і Омексу коефіцієнт виживання рослин кунжуту збільшився на 1,4–3,0% і на 0,7–1,6% відповідно [8]. Найвищу економічну ефективність за вирощування олійного сафлору на поливних землях отримано за оранки на глибину 20–22 см, міжрядді 30 см, раннього строку сівби і мінеральних добрив $N_{60}P_{60}$. Умовно чистий прибуток від удосконалених елементів технології вирощування насіння сафлору для отримання олії становив 5329 грн/га за рівня рентабельності 108,5% [12]. Вирощування ріпаку озимого за сортовою технологією забезпечує досить значну рентабельність і високі економічні показники. Сучасні гібриди ріпаку InVigor 1030 і Експешн доцільно рекомендувати у виробництво, оскільки вони сприяють одержанню 4,47–4,51 т/га насіння. Визначення складників економічної ефективності свідчить, що вартість валової продукції ріпаку озимого за внесення $N_{140}P_{40}K_{40}$ (фон) + Yara Vita Брасітрел Про зростала у гібрида Експешн порівняно з дозою $N_{140}P_{40}K_{40}$ (фон) на 4400 грн, а застосування фунгіциду Піктор збільшувало цей показник на 19140 грн/га. Виробничі витрати на вирощування насіння олійного ріпаку озимого коливалися за факторами вивчення від 36095 грн до 40505 грн. Удосконалення елементів технології вирощування ріпаку озимого сприяє отриманню від 34330 грн до 59370 грн умовно чистого прибутку з одного гектара. Зі значенням чистого прибутку тісно корелює та змінюється рівень рентабельності, який для гібрида InVigor 1030 становить 108,4–151,3%, для гібрида Експешн – 106,6–150,1% і для гібрида Мерседес – 94,0–138,3% [6].

Метою досліджень було з'ясувати продуктивність та економічну доцільність вирощування амаранту, гарбуза голозерного та кунжуту на насіння залежно від елементів технології вирощування в умовах Полісся.

Матеріали та методи досліджень. Наукові дослідження проводили в умовах ФГ «ОФендП» Звягельського р-ну Житомирської обл. впродовж 2023–2025 рр. Ґрунти дослідних ділянок – дерново-підзолисті суглинкові з умістом гумусу – 1,48%. Схема дослідів

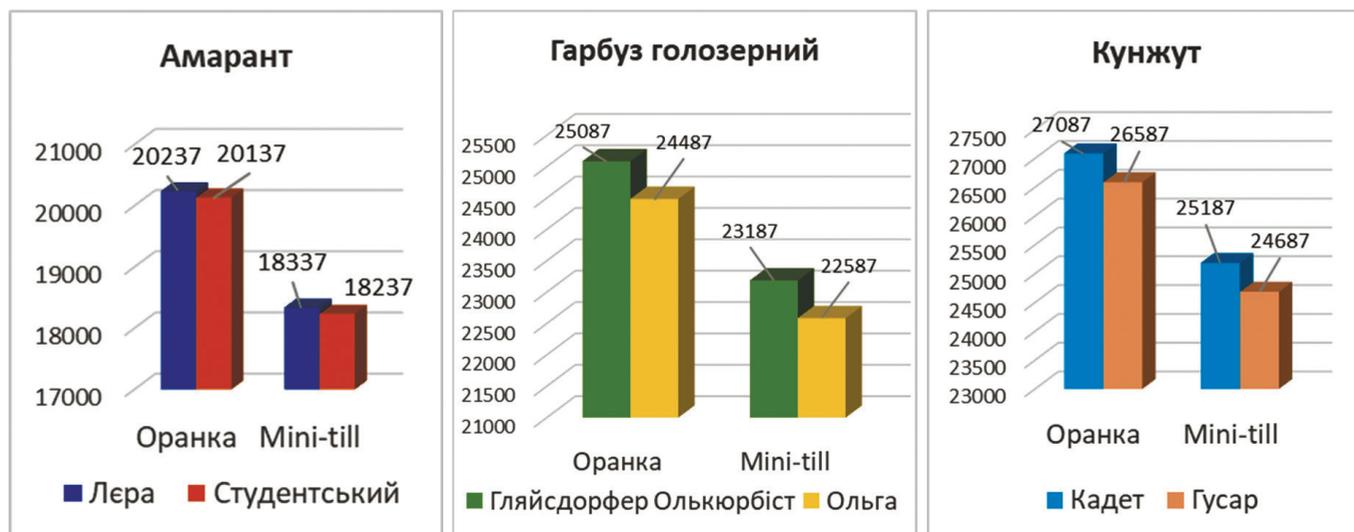


Рис. 1. Виробничі витрати на вирощування насіння сортів амаранту, гарбуза голозерного та кунжуту, грн/га (середнє за 2023–2025 рр.)

включала вивчення трьох факторів: А – технологія основного обробітку ґрунту: звичайна оранка на 18 см; мінімальний обробіток ґрунту на 4–6 см (*mini-till*); В – сорти: амаранту (Лера, Студентський); гарбуза (Гляйсдорфер Олькюрбіст, Ольга); кунжуту (Кадет, Гусар); С – позакореневе листкове підживлення на фоні $N_{81}P_{40}K_{84}$: без підживлення; підживлення Фулвіт (Fulvit) Баланс, 0,5 л/га.

Облікова площа – 100 м², повторність досліду триразова, розміщення ділянок у досліді систематичне. Амарант сорту Студентський належить до виду *Amaranthus hypochondriacus* L. – амарант хвостатий (зерновий). А сорт Лера належить до виду *Amaranthus cruentus* L. – амарант червоний (зерновий). Сорти голозерного гарбуза Гляйсдорфер Олькюрбіст (2015 р. реєстрації) та Ольга (2018 р. реєстрації) відносяться також до олійного типу використання. Обидва сорти кунжуту Кадет і Гусар створені для українських умов вирощування і є об'єктом агрономічних досліджень. Напрямок використання – кондитерська, масложирова та хлібопекарська промисловості.

Економічну оцінку елементів агротехнології вирощування олійних культур розраховували за технологічними картами [10] та відповідними рекомендаціями на основі цін, що склалися на ринку за 2025 р. та за методикою оцінки ефективності наукових досліджень, розраховуючи статті витрат на вирощування амаранту, гарбуза і кунжуту залежно від основного обробітку ґрунту та застосування мінеральних добрив і органо-мінерального добрива Фулвіт Баланс, 0,5 л/га. Ця оцінка відповідає методичним рекомендаціям Медведовського О.К. та Іваненка П.І. [5].

Результати та їх обговорення. Розрахунки показують, що олійні культури потребують значних виробничих витрат на вирощування насіння. Так, серед олійних культур, що вивчали у досліді, найменш затратним був амарант – 18237–20237 грн/га. Втім показник витрат залежав від сорту та основного обробітку ґрунту. На вирощування рослин сорту Лера за звичайної оранки виробничі витрати збільшувалися порівняно із сортом Студентський на 100 грн/га за рахунок вартості посівного матеріалу. За проведення мінімального обробітку ґрунту виробничі витрати у сортів Лера та Студентський знижувалися порівняно з оранкою на 1900 грн/га.

Незалежно від сорту гарбуза голозерного витрати на виробництво насіння на фоні звичайної оранки становили 24487–25087 грн/га, а за *mini-till* відповідно 22587–23187 грн/га. Більш затратним порівняно із сортом Ольга був сорт Гляйсдорфер Олькюрбіст, перевищення становило 600 грн/га за рахунок збільшення ціни на посівний матеріал (рис. 1).

Вирощування кунжуту індійського потребує найбільших виробничих витрат. Так, за проведення звичайної оранки витрати становили в середньому за роки досліджень для сорту Кадет – 27087 грн/га, а для сорту Гусар відповідно 26587 грн/га. За проведення мінімального обробітку на 4–6 см (*mini-till*) сума витрат знижувалася до 25187 грн/га (сорт Кадет) і 24687 грн/га (сорт Гусар). У структурі витрат найбільшу питому вагу становили мінеральні добрива $N_{81}P_{40}K_{84}$ (13250 грн), паливно-мастильні матеріали (2650 грн) та машини і обладнання (2400 грн).

Таблиця 1. Економічна ефективність вирощування амаранту залежно від сорту, обробітку ґрунту та удобрення (середнє за 2023–2025 рр.)

Обробіток ґрунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрення (фактор С)	Врожай насіння, т/га	Вартість насіння, тис. грн	Виробничі витрати, тис. грн	Умовно чистий прибуток, тис. грн	Собівартість 1т, тис. грн	Рівень рентабельності, %
Оранка	Лера	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,78	31,200	19,975	11,23	25,61	156,20
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,86	34,400	20,237	14,16	23,53	169,99
	Студентський	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,79	31,600	19,875	11,73	25,16	159,00
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,86	34,400	20,137	14,26	23,41	170,83
Mini-till	Лера	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,58	23,200	18,075	5,13	31,16	128,36
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,66	26,400	18,337	8,06	27,78	143,98
	Студентський	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,59	23,600	17,975	5,63	30,47	131,30
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,65	26,000	18,237	7,76	28,06	142,57

Установлено, що на економічну ефективність олійних культур впливає рівень врожайності насіння, показник виробничих витрат на вирощування насіння, реалізаційна ціна на продукцію. Економічна оцінка, зокрема, амаранту показує його істотну вигідність завдяки високій врожайності, стійкості до посухи та універсальному застосуванню (зерно, олія, зелена маса, макуха). Сорти амаранту забезпечили високу для умов Полісся врожайність насіння, яка коливалася у дослідях від 0,58 т/га до 0,86 т/га (табл. 1).

Середня реалізаційна ціна 1 т насіння амаранту на сьогодні становить 40,0 тис. грн, що забезпечило високу вартість продукції амаранту – 23200–34400 грн. Виробничі витрати на вирощування насіння амаранту обох сортів були близькими і становили на фоні оранки 31,2–34,4 тис. грн/га, а за мінімального обробітку ґрунту 23,2–26,4 тис. грн/га. Найбільший умовно чистий прибуток від амаранту отримано також за звичайної оранки та внесення мінеральних добрив – 11,23–14,26 тис. грн/га. Проведення мінімального обробітку ґрунту знижувало даний показник до 5,1–8,06 тис. грн/га. Рівень рентабельності був найвищим на варіанті N₈₁P₄₀K₈₄ (фон) + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га і становив за оранки – 169,99–170,83%, а на фоні *mini-till* сягав відповідно 142,57–142,98%. Собівартість 1 т насіння амаранту знаходилася за варіантами дослідів в межах від 23,41 до 31,16 тис. грн.

За даними М.Л. Тирусь, амарант сорту Лера в умовах достатнього зволоження Лісостепу Західного забезпечив прибуток на рівні 37555 грн, сорт Студентський – 16814 грн. Рівень рентабельності за сортами амаранту знаходився в межах від 11 до 127% [11]. Найбільший чистий прибуток був на варіанті зі внесенням N₂₀₀P₈₀K₁₂₀ і становив 70813 грн [18].

Результати досліджень свідчать, що в умовах дерново-підзолистих суглинкових ґрунтів Полісся гарбуз голозерний здатний забезпечити значну врожайність насіння – 0,56–0,89 т/га та прибутковість (табл. 2).

Враховуючи те, що середня ціна реалізації 1 т насіння наразі становить 85,0 тис. грн, вартість продукції гарбуза голозерного з одного гектара досить висока і становить за варіантами дослідів від 47,6 до 75,65 грн. Виробничі витрати на вирощування сортів гарбуза за оранки сягали 24,225–25,087 тис. грн, а за мінімального обробітку ґрунту – 22,325–23,187 тис. грн. Найбільший умовно чистий прибуток від вирощування гарбуза становив у сорту Гляйсдорфер Олькюрбіст на фоні оранки та внесення N₈₁P₄₀K₈₄ (фон) + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га – 50,56 тис. грн/га. Сорт Ольга забезпечив при цьому 41,81 тис. грн/га. За мінімального обробітку ґрунту спостерігали значне зменшення умовно чистого прибутку до 33,76 тис. грн/га (сорт Гляйсдорфер Олькюрбіст) та 30,11 тис. грн/га (сорт Ольга). Собівартість

Таблиця 2. Економічна ефективність вирощування гарбуза голозерного залежно від сорту, обробітку ґрунту та удобрення (середнє за 2023–2025 рр.)

Обробіток ґрунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрення (фактор С)	Врожай насіння, т/га	Вартість насіння, тис. грн	Виробничі витрати, тис. грн	Умовно чистий прибуток, тис. грн	Собівартість 1т, тис. грн	Рівень рентабельності, %
Оранка	Гляйсдорфер Олькюрбіст	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,81	68,850	24,825	44,03	30,65	277,34
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,89	75,650	25,087	50,56	28,19	301,55
	Ольга	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,65	55,250	24,225	31,03	37,27	228,07
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,78	66,300	24,487	41,81	31,39	270,76
Mini-till	Гляйсдорфер Олькюрбіст	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,60	51,000	22,925	28,08	38,21	222,46
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,67	56,950	23,187	33,76	34,61	245,61
	Ольга	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,56	47,600	22,325	25,28	39,87	213,21
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,62	52,700	22,587	30,11	36,43	233,32

Таблиця 3. Економічна ефективність вирощування кунжуту залежно від сортових особливостей, обробітку ґрунту та удобрення (середнє за 2023–2025 рр.)

Обробіток ґрунту (фактор А)	Сорт (фактор В)	Удобрення (фактор С)	Врожай насіння, т/га	Вартість насіння, тис. грн	Виробничі витрати, тис. грн	Умовно чистий прибуток, тис. грн	Собівартість 1т, тис. грн	Рівень рентабельності, %
Оранка	Кадет	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	1,19	142,800	26,825	115,98	22,54	532,34
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	1,28	153,600	27,087	126,51	21,16	567,06
	Гусар	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	1,14	136,800	26,325	110,48	23,09	519,66
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	1,25	150,000	26,587	123,41	21,27	564,19
Mini-till	Кадет	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,74	88,800	24,925	63,88	33,68	356,27
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,84	100,800	25,187	75,61	29,98	400,21
	Гусар	N ₈₁ P ₄₀ K ₈₄ (фон)	0,74	88,800	24,425	64,38	33,01	363,56
		Фон + Фулвіт Баланс, 0,5 л/га	0,86	103,200	24,687	78,51	28,71	418,03

1т насіння становила 28,19–39,87 тис. грн. Рівень рентабельності вирощування сортів гарбуза був значно вищим, ніж у амаранту. Найвищий рівень рентабельності відмічено у сорту Гляйсдорфер Олькюрбіст на удобрених ділянках за оранки, який становив 277,34–301,55%. Сорт Ольга забезпечив відповідно

228,07–270,76%. За мінімального обробітку ґрунту рентабельність становила для обох сортів 213,21–245,61%.

Установлено, що економічна оцінка кунжуту індійського була аналогічною щодо попередніх культур і також залежала від рівня врожайності насіння,

виробничих витрат на вирощування насіння, реалізаційної ціни на отриману продукцію тощо. Однак, доцільно відмітити, що саме кунжут індійський виявився найбільш прибутковою і рентабельною культурою. Врожайність насіння кунжуту була найбільш оптимальною для обох сортів на удобрених ділянках за проведення звичайної оранки ґрунту на 18 см і становила 1,14–1,28 т/га. За мінімального обробітку ґрунту врожайність зменшилася до 0,74–0,86 т/га. Середня ціна реалізації 1 т насіння кунжуту висока і становить за даними 2025 р. 120,0 тис. грн. Вартість отриманого врожаю насіння кунжуту становила 136,8–153,6 тис. грн. на фоні оранки і удобрення, а на фоні *mini-till* відповідно – 88,8–103,2 тис. грн (табл. 3).

Виробничі витрати на вирощування насіння кунжуту сорту Кадет становили за оранки і удобрення 26,825–27,087 тис. грн/га, а сорту Гусар – 26,325–26,587 тис. грн/га. За мінімального обробітку ґрунту ці показники зменшилися до 24,925–25,187 тис. грн/га (сорт Кадет) та 24,425–24,687 тис. грн/га (сорт Гусар). У досліді отримано високий умовно чистий прибуток, який незалежно від факторів, що вивчали у досліді, знаходився в межах від 63,88 до 126,51 тис. грн/га. Собівартість 1 т насіння сорту Кадет становила 21,16–22,54 тис. грн за оранки та удобрення, а сорту Гусар відповідно 21,27–23,09 тис. грн. За *mini-till* ці показники підвищувалися. Рівень рентабельності вирощування насіння кунжуту коливався за варіантами досліді від 356,27 до 567,06%. Максимальний рівень рентабельності встановлено у сорту Кадет на варіанті з внесенням $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон) та позакореневим підживленням рослин кунжуту органо-мінеральним добривом Фулвіт Баланс,

0,5 л/га – 567,06%, що на 34,72% більше порівняно із використанням лише $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон).

Висновки

Результати досліджень підтверджують, що економічна ефективність вирощування амаранту, гарбуза голозерного та кунжуту є багатофакторною і залежить від обґрунтованого вибору та впровадження адаптованих і ресурсощадних технологій, які забезпечують високу врожайність насіння за оптимальних виробничих витрат. Установлено, що кращим способом основного обробітку ґрунту під олійні культури є звичайна оранка на 18 см порівняно з мінімальним обробітком (*mini-till*), яка у поєднанні з мінеральними добривами $N_{81}P_{40}K_{84}$ (фон) та позакореневим підживленням рослин органо-мінеральним добривом Фулвіт Баланс, 0,5 л/га забезпечує врожайність амаранту на рівні 0,78–0,86 т/га, гарбуза голозерного – 0,65–0,89 т/га та кунжуту – 1,14–1,28 т/га. Не зважаючи на підвищені виробничі витрати на вирощування, але завдяки значній врожайності та високій реалізаційній ціні за одну тону насіння (амарант – 40 тис. грн; гарбуз – 85 тис. грн; кунжут – 120 тис. грн) можливо отримувати високий умовно чистий прибуток від сучасних сортів. Сорти амаранту Лера і Студентський забезпечили на оптимальному варіанті 14,16–14,26 тис. грн/га умовно чистого прибутку з рівнем рентабельності 170%. Сорти гарбуза Гляйсдорфер Олькюрбіст і Ольга – відповідно 50,56–41,81 тис. грн/га умовно чистого прибутку з рівнем рентабельності 301–270%. Найвищий прибуток отримано від сортів кунжуту Кадет і Гусар – 126,51–123,41 тис. грн/га з рівнем рентабельності 567–564%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дзюндзя, О.В., Велнечук, О.О. Дослідження різних сортів гарбуза для використання у харчовій промисловості. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2024. № 6. С. 174–180. DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.6.19>.
2. Кокойко В. В. Продуктивність і якість плодів різних сортів гарбуза в умовах органічного овочівництва. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2015. № 1. С. 1–11. URL: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Nd_2015_1_8.pdf.
3. Литовченко Л.В., Брюхович Д.С. Особливості управління економічною поведінкою підприємств-виробників олійних культур. *Український журнал прикладної економіки та техніки*. 2022. Т. 7. № 4. С. 140–144. DOI: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2022-4-20>.
4. Литовченко Л., Хлопоніна-Гнатенко О., Михайленко В. Фактори впливу на формування економічної поведінки підприємств з виробництва та переробки продукції олійних культур. *Modeling the development of the economic systems*. 2023. № 2. С. 13–18. DOI: <https://doi.org/10.31891/mdes/2023-8-2>.
5. Медведовський О.К., Іваненко П.І. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільському господарстві. Київ : Урожай, 1988. 223 с.
6. Мойсієнко В.В., Безкоровайний В.М. Економічна оцінка елементів технології вирощування ріпаку

- озимого в умовах Правобережного Лісостепу. *Сільське господарство та лісівництво*. 2024. № 4(35). С. 17–28. DOI: <http://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-4-2>.
7. Назарчук О.П. Економічна ефективність сортової технології вирощування ромашки лікарської в умовах Полісся України. *Сільське господарство та лісівництво*. 2023. № 28. С. 221–231. DOI: [10.37128/2707-5826-2023-1-16](https://doi.org/10.37128/2707-5826-2023-1-16).
 8. Поляков О.І., Нікітенко О.В. Вплив агротехнічних умов вирощування на урожайність кунжуту сорту Надія в умовах півдня України. *Науково-технічний бюл. ІОК УААН*. 2005. Вип. 10. С. 172–178.
 9. Семен О. Екологічна та економічна ефективність вирощування гарбуза мускатного в умовах Півдня України. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2014. № 2(1). С. 253–258. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau_2014_2\(1\)_37](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau_2014_2(1)_37).
 10. Технології та технологічні проекти вирощування основних сільськогосподарських культур: навч. посіб. О. Ф. Смаглій, О. А. Дереча, П. О. Рябчук та ін. Житомир: ДВНЗ «Державний агроекологічний університет», 2007. 488 с.
 11. Тирус М.Л. Економічна ефективність вирощування сортів амаранту в умовах Лісостепу Західного України. *Агробіологія*. 2025. № 1. С. 181–187. doi: [10.33245/2310-9270-2025-195-1-181-187](https://doi.org/10.33245/2310-9270-2025-195-1-181-187).
 12. Філіпов Є.Г. Економічна ефективність елементів технології вирощування сафлору красильного в умовах зрошення півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2014. № 87. С. 91–96.
 13. Хареба В.В., Кокойко В.В. Економічна оцінка елементів технології вирощування сортів гарбуза мускатного в Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. 2016. Вип. 10. С. 61–64.
 14. Шевченко І.А., Поляков О.І., Ведмедєва К.В., Комарова І.Б. Рижій, сафлор, кунжут. Стратегія виробництва олійної сировини в Україні (малопоширені культури) / Запоріжжя. 2017. 40 с.
 15. Arun Kumar P., Suseela T., Sujatha R.V. and Dorajeerao A.V.D. Study on Economic Analysis of the Different Pumpkin Cultivars under Coastal A.P. Conditions. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*. 2018. Vol. 7. N 04. P. 1393–1396. doi: <https://doi.org/10.20546/ijemas.2018.704.156>.
 16. GELA Adugna, HAJI Jema, KETEMA Mengistu, ABATE Hebtamariam. Technical, Allocative And Economic Efficiencies Of Small-scale Sesame Farmers: The Case Of West Gondar Zone, Ethiopia. *Review of Agricultural and Applied Economics*. 2019. Vol. 22. N 2. P. 10–17. doi: [10.15414/raae.2019.22.02.10-17](https://doi.org/10.15414/raae.2019.22.02.10-17).
 17. Pansyryeva H. Economic aspects of organic soy production in Ukraine. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2024. Vol. 10, N 5. P. 324–331. DOI: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2024-10-5-324-331>.
 18. Tyrus M. Economic efficiency of different levels of mineral nutrition in amaranth growing technology. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. Vol. 28. N 1. P. 20–24. doi: <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.04>.

REFERENCES

1. Dziundzia, O. V., Velnechuk, O. O. (2024). Doslidzhennia riznykh sortiv harbuza dlia vykorystannia u kharchovii promyslovosti [Research on different pumpkin varieties for use in the food industry]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriya: Tekhnichni nauky*, (6), 174–180. DOI: <https://doi.org/10.32782/tnvtech.2024.6.19> [in Ukrainian].
2. Kokoiko V. V. (2015). Produktyvniat i yakist plodiv riznykh sortiv harbuza v umovakh orhanichnoho ovochivnytstva [Productivity and quality of fruits of different pumpkin varieties in organic vegetable growing]. *Naukovi dopovidi Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy*. № 1. URL: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Nd_2015_1_8.pdf [in Ukrainian].
3. Lytovchenko L. V., Briukhovych D. S. (2022). Osoblyvosti upravlinnia ekonomichnoiu povedinkoiu pidpriemstv-vyrobnikiv oliinykh kultur [Features of managing the economic behavior of oilseed producing enterprises]. *Ukrainskyi zhurnal prykladnoi ekonomiky ta tekhniky*, 7 (4), 140–144. DOI: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2022-4-20> [in Ukrainian].
4. Lytovchenko L., Khloponina-Hnatenko O., Mykhailenko V. (2023). Faktory vplyvu na formuvannia ekonomichnoi povedinky pidpriemstv z vyrobnytstva ta pererobky produktsii oliinykh kultur [Factors influencing the formation of economic behavior of enterprises engaged in the production and processing of oilseed crops]. *Modeling the development of the economic systems*, (2), 13–18. DOI: <https://doi.org/10.31891/mdes/2023-8-2> [in Ukrainian].
5. Medvedovskyi O. K., Ivanenko P. I. (1988). Enerhetychnyi analiz intensyvnykh tekhnolohii v silskomu hospodarstvi [Energy analysis of intensive technologies in agriculture]. Kyiv : Urozhai. P. 223 [in Ukrainian].

6. Moisiienko V. V., Bezkorovainyi V. M. (2024). Ekonomichna otsinka elementiv tekhnolohii vyroshchuvannya ripaku ozymoho v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu [Economic assessment of winter rapeseed cultivation technology elements in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 4(35), 17–28. DOI: <http://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-4-2> [in Ukrainian].
7. Nazarchuk O. P. (2023). Ekonomichna efektyvnist sortovoi tekhnolohii vyroshchuvannya romashky likarskoi v umovakh Polissia Ukrainy [Economic efficiency of varietal technology for growing medicinal chamomile in the Polissya region of Ukraine]. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo*, 28, 221–231. DOI: [10.37128/2707-5826-2023-1-16](http://doi.org/10.37128/2707-5826-2023-1-16) [in Ukrainian].
8. Poliakov O.I., Nikitenko O.V. (2005). Vplyv ahrotekhnichnykh umov vyroshchuvannya na urozhainist kunzhutu sortu Nadiia v umovakh pivdnia Ukrainy [Influence of agrotechnical conditions of cultivation on the yield of sesame variety Nadezhda in southern Ukraine]. *Naukovo-tekhnichnyi biul. IOK UAAN*, 10, 172–178 [in Ukrainian].
9. Semen O. (2014). Ekologichna ta ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannya harbuza muskatnoho v umovakh Pivdnia Ukrainy [Ecological and economic efficiency of growing nutmeg pumpkin in southern Ukraine]. *Visnyk Zhytomyrskoho natsionalnoho ahroekologichnoho universytetu*, 2(1), 253–258. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau_2014_2\(1\)_37](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau_2014_2(1)_37) [in Ukrainian].
10. Tekhnolohii ta tekhnolohichni proekty vyroshchuvannya osnovnykh silskohospodarskykh kultur [Technologies and technological projects for growing major agricultural crops]: navch. posib. O.F. Smahlii, O.A. Derecha, P.O. Riabchuk ta in. (2007). Zhytomyr: DVNZ «Derzhavnyi ahroekologichnyi universytet». P. 488 [in Ukrainian].
11. Tyrus M.L. (2025). Ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannya sortiv amarantu v umovakh Lisostepu Zakhidnoho Ukrainy [Economic efficiency of amaranth cultivation in the forest-steppe zone of Western Ukraine]. *Ahrobiolohiia*, 1, 181–187. doi: [10.33245/2310-9270-2025-195-1-181-187](https://doi.org/10.33245/2310-9270-2025-195-1-181-187) [in Ukrainian].
12. Filipov Ye.H. (2014). Ekonomichna efektyvnist elementiv tekhnolohii vyroshchuvannya safloru krasylnoho v umovakh zroshennia pivdnia Ukrainy [Economic efficiency of elements of safflower cultivation technology under irrigation conditions in southern Ukraine]. *Tavriiskyi naukovi visnyk*, 87, 91–96 [in Ukrainian].
13. Khareba V. V., Kokoiko V. V. (2016). Ekonomichna otsinka elementiv tekhnolohii vyroshchuvannya sortiv harbuza muskatnoho v Lisostepu Ukrainy [Economic assessment of elements of technology for growing nutmeg pumpkin varieties in the forest-steppe zone of Ukraine]. *Visnyk ahrarynoi nauky*, 10, 61–64 [in Ukrainian].
14. Shevchenko I.A., Poliakov O.I., Vedmedieva K.V., Komarova I.B. (2017). Ryzhii, saflor, kunzhut. Stratehiia vyrobnytstva oliinoi syrovyny v Ukraini (maloposhyreni kultury) [Camelina, safflower, sesame. Strategy for the production of oilseeds in Ukraine (less common crops)] / Zaporizhzhia. P. 40 [in Ukrainian].
15. Arun Kumar P., Suseela T., Sujatha R.V. and Dorajeero A.V.D. (2018). Study on Economic Analysis of the Different Pumpkin Cultivars under Coastal A.P. Conditions. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 7(04), 1393–1396. doi: <https://doi.org/10.20546/ijemas.2018.704.156> [in English].
16. GELA Adugna, HAJI Jema, KETEMA Mengistu, ABATE Hebtemariam. (2019). Technical, Allocative And Economic Efficiencies Of Small-scale Sesame Farmers: The Case Of West Gondar Zone, Ethiopia. *Review of Agricultural and Applied Economics*. XXII (Number 2, 2019): 10–17. doi: [10.15414/raae.2019.22.02.10-17](https://doi.org/10.15414/raae.2019.22.02.10-17) [in English].
17. Pantsyreva H. (2024). Economic aspects of organic soy production in Ukraine. *Baltic Journal of Economic Studies.*, 10, 5, 324–331. DOI: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2024-10-5-324-331> [in English].
18. Tyrus M. (2025). Economic efficiency of different levels of mineral nutrition in amaranth growing technology. *Scientific Progress & Innovations.*, 28 (1), 20–24. doi: <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.01.04> [in Ukrainian].

Osadchuk V.V., Moisiienko V.V.

Economic evaluation of the cultivation of amaranth, sesame, and pumpkin as oil crops

Aim. To determine the characteristics of oilseed crop yield formation and the economic efficiency of their cultivation depending on the variety, methods of primary soil cultivation, and fertilization in the agroclimatic conditions of Polissia. **Methods.** The article presents the three-year results of research conducted on sod-podzolic loamy soils of Polissia during 2023–2025 using the following methods: field, measurement and weighing, factor analysis, calculation and design, profit determination, comparative analysis, determination and analysis of

profitability. **Results.** Amaranth varieties (*Lera* and *Student*) provided seed yields of 0.58–0.86 t/ha, pumpkin varieties (*Gleisdorfer Olkurbis* and *Olga*) contributed to seed yields of 0.56–0.89 t/ha, while sesame varieties (*Kadet* and *Gusar*) had the highest yield, ranging from 0.74 to 1.28 t/ha. It was established that amaranth was the least costly oil crop for Polissia (18,237–20,237 UAH/ha), while the cultivation of Indian sesame required the highest production costs (24,687–27,087 UAH/ha). However, foliar feeding of sesame plants with *Fulvit Balance* organic-mineral fertilizer, 0.5 l/ha on the background of $N_{81}P_{40}K_{84}$ and conventional plowing at 18 cm, as well as the high selling price of seeds, resulted in the highest conditional net profit – 126.51 thousand UAH/ha with a profitability level of 567.06%. **Conclusions.** Improvements in the cultivation techniques for amaranth, hullless pumpkin, and sesame increase yields and economic efficiency by optimizing varieties, fertilizers, soil cultivation methods, and environmental protection.

Key words: varieties, soil cultivation, fertilizers, yield, product cost, production costs, conditional net profit, cost price, profitability level.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Осадчук В.В., аспірант кафедри технологій у рослинництві, Поліський національний університет, e-mail: osd4kv@gmail.com, ORCID: 0009-0000-4843-1449.

Мойсієнко В.В., доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри технологій у рослинництві, Поліський національний університет, e-mail: veraprof@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8880-9864.

Osadchuk V.V., postgraduate, Polissia National University, e-mail: osd4kv@gmail.com, ORCID: 0009-0000-4843-1449.

Moisiienko V.V., Doctor of agriculture science, Professor, Professor of the department of technologies in crop production, Polissia National University, e-mail: veraprof@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8880-9864.

Надійшла 22.08.2025

ПЕРСПЕКТИВИ ТА ЛІМІТУЮЧІ ЧИННИКИ ВИРОБНИЦТВА ГОРОХУ В УКРАЇНІ

В.Ф. Камінський, С.П. Дворецька, Т.В. Каражбей

ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

Мета. Провести комплексний аналіз ролі гороху у формуванні зернового балансу, визначити його агротехнічне, економічне та агроекологічне значення, а також ключові напрями збільшення виробництва культури в Україні. **Методи.** Порівняльно-статистичний, аналітичний, комплексний методи оцінки. **Результати.** Проведено аналіз ролі гороху у зерновому балансі України, його агроекологічного та агротехнічного значення, динаміки виробництва за останні роки, а також основні перспективи збільшення його виробництва у контексті реалізації положень Європейського зеленого курсу та вирішення проблеми забезпечення населення рослинним білком у зв'язку із посиленням попиту на нього у світі. Встановлені основні закономірності формування чинників, які обумовлюють зростання зацікавленості товаровиробників до культури гороху, розкрито низку функцій, які визначають його важливість, а також ключові напрями збільшення виробництва зерна, через призму удосконалення сортової політики, інтенсифікації технології вирощування, якісного функціонування післязбиральної інфраструктури, поширення його як харчового продукту з огляду на існуючі тенденції здорового харчування, а також можливі проблеми та ризики розвитку. **Висновки.** Культура гороху має значний потенціал розвитку в Україні: сприятливі ґрунтово-кліматичні умови, сучасний світовий попит, можливість створення доданої вартості. Його виробництво може стати стратегічною ланкою аграрної диверсифікації, сприяти екологічній стабільності землеробства й збільшенню валютних надходжень від експорту. Крім того, успіх залежатиме від здатності подолати низку викликів — кліматичних, логістичних, ринкових та інституційних. Якщо науковці, виробники, переробники та держава зможуть скоординувати зусилля, то виробництво гороху стане важливим компонентом аграрної стратегії України, підвищуючи прибутки агровиробників, зміцнюючи експортну позицію та позитивно впливати на сталий розвиток сільського господарства.

Ключові слова: виробництво, стабільність, технологія вирощування, можливі ризики.

Вступ. Горох (*Pisum sativum* L.) є однією з ключових зернобобових культур України, що має вагомe значення для формування білкового балансу, підтримання родючості ґрунтів та забезпечення сталості зернового господарства. У структурі зернового виробництва його частка коливається в межах 2–4%, проте потенціал культури набагато вищий.

За останні роки Україна демонструє значне позбавлення виробництва гороху, що підтверджується статистичними даними. Якщо у 2023 р. його посівні площі становили близько 139 тис. га, то у 2024 р. – вже 212 тис. га, а у 2025 р. вони досягли рівня зростання до 266 тис. га [1; 2]. Виробництво зросло від 465 тис. т – у 2024 р. до 626,6 тис. т – у 2025 р. [3]. У 2026 р. прогнозується збільшення площ на 15–20%.

Це свідчить про поступове відновлення позицій гороху як вагомої білково-зернової культури у зерновому балансі.

Зростання зацікавленості до вирощування гороху зумовлено не лише економічними, а й екологічними чинниками. Як зернобобова культура, він збагачує ґрунт на біологічний азот, поліпшує його структуру та є ефективним попередником для озимих зернових культур [4]. Крім того, у контексті світової тенденції до підвищення споживання рослинного білка, український горох може стати ключовим компонентом білкового балансу не лише в межах зернової системи, а й у продовольчій безпеці держави, набуваючи також важливого значення як експортно орієнтований продукт. Оскільки зростання його виробництва

створює можливість збільшення експортних доходів, покращання рентабельності агровиробництва; поліпшення сівозміни та зниження витрат на добрива.

Водночас, поряд з існуючими позитивними тенденціями збільшення виробництва цієї культури мають місце й істотні ризики, пов'язані з кліматичними, агротехнічними, організаційними та ринковими чинниками.

Мета дослідження – провести комплексний аналіз ролі гороху у формуванні зернового балансу, визначити його агротехнічне, економічне та агроекологічне значення, а також ключові напрями збільшення виробництва культури в Україні.

Методи. Порівняльно-статистичний, аналітичний, комплексний методи оцінки.

Результати та їх обговорення. У контексті зернового балансу України горох відіграє низку важливих функцій. Як зернобобова культура він постає одним із ключових джерел рослинного білка та покращання харчового складу зернової продукції. Горох має важливе агроекологічне значення як добрий попередник для зернових культур (зокрема озимих і ярих пшениць), оскільки як і інші зернобобові фіксує атмосферний азот, покращуючи структуру ґрунту і сприяє зменшенню витрат на азотні добрива у сівозміні.

Динаміка виробництва гороху в Україні свідчить про його зростаючу роль як внутрішнього компонента зернового балансу, так і зовнішньоекономічного внеску до експортної номенклатури, враховуючи, що значна частка врожаю експортується. З точки зору забезпечення стійкості агроecosystem, дослідження показують, що введення у сівозміни зернобобових культур, зокрема гороху, дає можливість поліпшити такі показники, як мікробіологічна активність, вміст азоту у ґрунті, особливо за несприятливих погодних умов.

Слід зазначити, що на істотне підвищення урожайності гороху, позитивно впливає оптимізація агротехнічних заходів у технологічному процесі вирощування культури.

У контексті реалізації положень Європейського зеленого курсу, який серед вирішення цілої низки завдань, передбачає розширення площ і виробництва білкових культур. Горох може стати ключовим компонентом білкового балансу не лише в межах зернової системи, а й у продовольчій безпеці держави.

До того ж як нами вже зазначалося основні перспективи розвитку виробництва гороху пов'язані із: зростанням попиту на рослинний білок у світі, зокрема на європейському ринку, де ця культура

використовується у виробництві комбикормів, харчових продуктів і біопротеїну; експортним потенціалом, оскільки Україна входить до десятки провідних експортерів гороху у світі; агроекологічними перевагами культури — здатністю фіксувати атмосферний азот, покращувати структуру ґрунтів, зменшувати потребу у мінеральних добривах та бути цінним попередником для пшениці, ячменю та інших зернових; адаптивністю до кліматичних змін, адже горох належить до культур короткого вегетаційного періоду, що дає можливість отримати врожай навіть у посушливих умовах за дотримання технології його вирощування.

Серед ключових напрямів збільшення виробництва гороху в державі до числа основних залишається удосконалення сортової політики, яка пов'язана із впровадженням високопродуктивних, посухостійких і стійких до хвороб і шкідників сортів, насамперед вітчизняної селекції, адаптованих до різних ґрунтово-кліматичних зон [5].

Важливою складовою розв'язання проблеми збільшення виробництва гороху є інтенсифікація технології вирощування через призму використання ресурсоощадних технологій – мінімального або нульового обробітків ґрунту, систем точного землеробства; оптимізація систем удобрення шляхом застосування мікробіологічних препаратів, що дає змогу підвищити ефективність фіксації азоту атмосфери та збільшити урожайність на 15–25% без додаткових витрат на мінеральні добрива [6]. Важливою складовою у технологічному циклі вирощування залишаються дотримання оптимальних строків сівби, удосконалення систем захисту рослин від бур'янів, хвороб і шкідників із мінімальним впливом на довкілля, а також правильний підбір попередників у сівозміні.

Для забезпечення стабільної якості та конкурентоспроможності гороху на світовому ринку необхідно сприяти якісному функціонуванню після збиральної інфраструктури, а саме: впровадження технологій сортування, очищення, сушіння зерна, що відповідають міжнародним стандартам ISO та вимогам ЄС (очищення, калібрування, сушіння), що нині є стримувальним чинником розширення експорту [7].

Важливою передумовою забезпечення стабільності виробництва гороху залишається стимулювання його внутрішнього споживання у сегменті розширення використання у виробництві кормів, як білкової сировини для тваринництва, подальша його популяризація як харчового продукту з огляду

на тенденції здорового харчування, вегетаріанства, виробництва альтернативного білка, а також стимулювання його глибокої переробки – виробництво білкових концентратів, борошна, ізолятів, тощо, що мають високий експортний потенціал і можуть істотно підвищити додану вартість продукції [8].

Під час аналізу стану виробництва гороху в Україні і перспективах його розвитку важливим залишається питання спроможності зменшення негативної дії потенційних ризиків, які можуть виникнути за подальшого функціонування галузі.

До таких насамперед слід віднести кліматичні та агротехнічні чинники, зокрема висока вірогідність прояву посушливих явищ, особливо у південних і східних регіонах і, як наслідок, нестача вологи у критичні періоди росту і розвитку рослин.

Серед кліматичних чинників треба також відмітити часті посухи та дефіцит вологи, що мають істотний негативний вплив на ріст, розвиток та урожайність гороху, оскільки ця культура є вологолюбною і характеризується високими вимогами до водопостачання.

Для гороху виділяють певні фази, під час яких нестача вологи є найбільш критичною і призводить до максимального зниження врожаю:

- проростання насіння та початкові стадії розвитку. У цей період насіння гороху для набухання та успішного проростання потребує значної кількості води (приблизно 100–120% від власної маси). Нестача вологи на цьому етапі затримує або унеможливує появу сходів [9];
- період формування генеративних органів (бутонізація – цвітіння – утворення бобів). Це найкритичніший період для вологозабезпечення гороху, який розпочинається приблизно за 10 днів до початку фази бутонізації і триває до повного цвітіння. Недостатня кількість вологи в цей час призводить до зниження темпів росту, обпадання (абортивності) квіток та молодих бобів, а також до формування дрібного насіння. Посуха також може скорочувати тривалість цвітіння (до 7–10 днів), що зменшує період для формування врожаю [10].

Тривала посуха або навіть короткочасний, але інтенсивний водний стрес спричиняють низку порушень у рослинах гороху. Зокрема, зменшення тургору клітин, коли рослина втрачає пружність, що порушує транспортування поживних речовин та обмежує транспірацію для економії води, виникнення

окислювального стресу, наслідком якого є руйнування мембран і клітинних структур; сповільнення обміну речовин, що затримує ріст і розвиток рослин. За недостатньої вологості ґрунту відбувається порушення процесу азотфіксації, коли не утворюються бульбочкові бактерії, які необхідні для засвоєння атмосферного азоту, що погіршує живлення рослин. Наслідком негативної дії цього чинника може бути скорочення вегетаційного періоду гороху і можливий недобір врожаю від 30% до 50% [11].

Серед агротехнічних чинників важливим залишається недотримання сівозміни та, як наслідок, порушення структури посівів, що є одним із ключових чинників, що призводить до накопичення інфекційного потенціалу в ґрунті та поширення хвороб у посівах гороху. Це явище для гороху особливо актуальне, оскільки багато його патогенів мають здатність зберігатися у ґрунті та на рослинних рештках протягом тривалого часу [12; 13]. До ґрунтових або таких, що зберігаються на рештках належать патогени, що викликають основні хвороби гороху, а саме аскохітоз, фузаріоз, пероноспорозу.

Порушення сівозміни за вирощування гороху може призвести і до так званої «ґрунтової» (soil sickness). Коли за частого вирощування однієї культури в ґрунті накопичуються не лише патогени, а й токсичні продукти обміну рослин, що ослаблюють імунітет посіву, роблячи його більш вразливим до хвороб [13].

Згідно з науковими рекомендаціями, горох слід повертати на те саме поле не раніше ніж через 4–5 років [12; 14]. Це критичний термін, необхідний для:

розкладання рослинних решток: за цей час рештки попереднього врожаю, що містять інфекцію, встигають розкластися, а патогени – загинути або значно зменшити свою життєздатність;

очищення ґрунту: культури-попередники, які не є господарями для патогенів гороху (наприклад, зернові колосові), діють як фітосанітарний бар'єр, знижуючи загальний інфекційний фон поля.

Порушення цього терміну (наприклад 2–3 роки) призводить до масового поширення вищезазначених хвороб, що значно ускладнює контроль і вимагає інтенсивного використання фунгіцидів [15; 16].

Необхідно зазначити, що виробництво зерна гороху в Україні в умовах сьогодення і його зростання в найближчій перспективі істотно залежатиме від рівня вкладених інвестицій.

Низький рівень інвестицій може призвести до істотного спрощення та здешевлення технологічних процесів, що, як наслідок, негативно відобразиться на врожайності культури, якості продукції та економічній ефективності вирощування.

Саме відсутність відповідного інвестиційного забезпечення змушує нині аграріїв економити на найважливіших елементах технології, це, зокрема, використання насіння низьких репродукцій (3-тя, 4-та) або несортового насіння власного виробництва; відмова або значне зменшення норм внесення фосфорно-калійних добрив, а також мікроелементів (Мо, В); застосування дешевших, менш ефективних гербіцидів; ігнорування профілактичних фунгіцидних та інсектицидних обробок (особливо в першій половині вегетації); використання низькопродуктивної техніки; порушення термінів обробітку.

Низькі інвестиції формують технологічний ланцюг, схильний до ризику, де економія на одному етапі (наприклад, на фунгіцидах) призводить до втрат на іншому (зниження врожаю та якості), у підсумку знижуючи кінцевий прибуток аграрія. Вони прямо впливають на якість кінцевої продукції, оскільки обмежують можливості для її відповідної підготовки до зберігання або продажу.

Безперечно, горох як білкова культура є частиною світового ринку зернобобових. Його ціна тісно корелює з цінами на сою, нут та інші альтернативні джерела білка. Враховуючи, що вітчизняний горох значною мірою орієнтований на експорт, його внутрішня ціна є похідною від світової ціни, яка формується на міжнародних біржах. Будь-які глобальні геополітичні чи економічні зміни (санкції, торгові війни) миттєво відображаються на прибутковості вітчизняних агропромислових виробників.

З огляду на те, що недостатня диверсифікація експортних ринків та відсутність чіткої державної стратегії експорту білкових культур також створюють істотні ризики для виробників гороху, обмежуючи їхній ціновий потенціал та стійкість на глобальному рівні. На сьогодні держава не в змозі забезпечити системного просування українського гороху на нові ринки. Це включає недостатню участь у міжнародних заходах, відсутність двосторонніх угод та низьку інформованість потенційних покупців. Немає чіткої роботи з усунення тарифних та нетарифних бар'єрів, куди відносяться фітосанітарні вимоги (недосконалена система сертифікації та контролю ускладнює проходження жорстких фітосанітарних вимог розвинених

країн) та технічні регламенти (відсутність допомоги виробникам у приведенні продукції до стандартів ЄС чи інших регіонів). Внаслідок цих чинників, український горох залишається переважно сировинним товаром на висококонкурентних і ризикованих традиційних ринках, замість того, щоб стати високомаржинальною продовольчою культурою на глобальному рівні.

До чинників, які істотно впливають на галузь виробництва гороху відноситься і невисокий рівень інтеграції між наукою та виробництвом. Слабка взаємодія між науковими закладами та товаровиробниками призводить до існування наявних технологічних прогалин. Оскільки наукові розробки (нові технології, сорти, рекомендації) вкрай повільно впроваджуються у виробництво або ж не повністю адаптуються до конкретних умов регіону, чим не приносять очікуваної практичної користі, а виробники не отримують повної наукової основи для прийняття рішень. Непоодинокі випадки і відсутності зворотного зв'язку, коли виробники не надають науковцям інформацію про реальні проблеми (нові штами хвороб, стійкість бур'янів), що заважає науковцям оперативного коригувати напрямки досліджень.

Враховуючи викладене вище, за формування стратегії виробництва гороху в Україні на найближчу перспективу доцільно врахувати необхідність; формування державної програми розвитку білкових культур, у якій горох розглядався б як стратегічна культура для внутрішнього споживання та експорту; підтримки агропромислових виробників через дотації на закупівлю інокулянтів, насіння, техніки, а також грантові програми для переробки гороху; розвиток кооперації — створення об'єднань виробників для спільного зберігання, сортування й реалізації гороху; необхідність інвестицій в переробку — підтримка підприємств, що виробляють ізоляти горохового білка, борошно, крупу, концентрати; потреба у міжнародній сертифікації — приведення стандартів вирощування й експорту до вимог ЄС (EU Protein Strategy); розвиток співпраці між наукою та бізнесом у напрямі селекції, біотехнології й створення новітніх стійких до несприятливих умов середовища сортів.

Висновки

Культура гороху має значний потенціал розвитку в Україні: сприятливі ґрунтово-кліматичні умови, сучасний світовий попит, можливість створення доданої вартості. Його виробництво може стати

стратегічною ланкою аграрної диверсифікації, позитивно впливати на екологічну стабільність землеробства й збільшення валютних надходжень від експорту. Крім того, успіх залежатиме від здатності подолати низку викликів — кліматичних, логістичних, ринкових та інституційних. Якщо науковці,

виробники, переробники та держава зможуть скоординувати зусилля, виробництво гороху може стати важливим компонентом аграрної стратегії України, підвищуючи прибутки агровиробників, зміцнюючи експортну позицію та сприяючи сталому розвитку сільського господарства.

ЛІТЕРАТУРА

1. UkrAgro Consult. Pea production in Ukraine is growing at the fastest pace among agricultural crops. URL: <https://ukragroconsult.com/en/news/pea-production>.
2. Agrisupp. Ukraine: Pea area and yields in 2024. URL: <https://agrisupp.com/en/news/1893>.
3. Interfax Ukraine. Ukraine exports up to 90% of pea production in 2024. URL: <https://interfax.com/newsroom/top-stories/101832>.
4. Григоренко О.В. Агроекологічна роль зернобобових культур у сівозмінах. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 6. С. 45–51.
5. Бублик І.І., Манько В.М. Сучасні напрями селекції гороху в Україні. *Сільське господарство і лісівництво*. 2023. № 4. С. 12–19.
6. Глущенко П.М. Ефективність інокуляції гороху бактеріальними препаратами. *Наукові праці Уманського НУС*. 2020. № 95. С. 77–83.
7. FAO. Pulse crops market and infrastructure development in Eastern Europe. Rome, 2023.
8. OECD-FAO. Agricultural Outlook 2024–2033: Grain and pulse markets overview. Paris, 2024.
9. Оптимальні умови для вирощування гороху: вплив клімату. *АгроМен* 2023. URL: <https://agromen.com.ua/uk/interesno-znati/vpliv-klimatichnih-umov-na-viroshhuvannya-gorohu>.
10. Руденко О. Порівняльна продуктивність зимуючих і ярих сортотипів гороху залежно від норми висіву у Південному Степу України. URL: <https://osau.edu.ua/wp-content/uploads/2023/12/Dysertatsiya-Rudenko.pdf>
11. Посуха. Дефіцит вологи. Дефіцит опадів. Агротехносоюз. 2023. URL: <https://www.agrotechnosouz.com.ua/posuha>.
12. Положенець В.М., Черниш О.М та ін. Вирощування гороху у сучасному землеробстві. Київ: Аграрна наука. 2018.
13. Федорова М.В., Коломєєв Т.П. Вплив попередників на поширення хвороб гороху. *Вісник аграрної науки*. 2020.
14. Кирик М.М. Фітопатологія. Київ: Центр навчальної літератури. 2015.
15. Улянич В.І. Особливості формування врожаю гороху в умовах Лісостепу. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. 2019.
16. Скидан О.В. та ін. Сучасні аспекти захисту посівів гороху від хвороб та шкідників. 2017.

REFERENCES

1. UkrAgroConsult. Pea production in Ukraine is growing at the fastest pace among agricultural crops. URL: <https://ukragroconsult.com/en/news/pea-production> [in English].
2. Agrisupp. Ukraine: Pea area and yields in 2024. URL: <https://agrisupp.com/en/news/1893> [in English].
3. Interfax Ukraine. Ukraine exports up to 90% of pea production in 2024. URL: <https://interfax.com/newsroom/top-stories/101832> [in Ukrainian].
4. Grigorenko O.V. (2022). Agroecological role of legumes in crop rotations. *Bulletin of Agricultural Science*, 6, 45–51 [in Ukrainian].
5. Bublyk I.I., Manko V.M. (2023). Modern trends in pea breeding in Ukraine. *Agriculture and forestry*, 4, 12–19 [in Ukrainian].
6. Glushchenko P.M. (2020). The efficiency of pea inoculation with bacterial preparations. *Scientific works of the Uman National University of Science and Technology*, 95, 77–83 [in Ukrainian].
7. FAO (2023). Pulse crops market and infrastructure development in Eastern Europe. Rome [in English].
8. OECD-FAO (2024). Agricultural Outlook 2024–2033: Grain and pulse markets overview. Paris [in English].
9. Optimal conditions for growing peas: the influence of climate/ AgroMan (2023). URL: <https://agromen.com.ua/uk/interesno-znati/vpliv-klimatichnih-umov-na-viroshhuvannya-gorohu> [in English].
10. Rudenko O. (2023). Comparative productivity of wintering and spring pea varieties depending on the seeding rate in the Southern Steppe of Ukraine. URL: <https://osau.edu.ua/wp-content/uploads/2023/12/Dysertatsiya-Rudenko.pdf> [in Ukrainian].

11. Drought | Moisture deficit. Precipitation deficit. Agrotechnosoyuz (2023). URL: <https://www.agrotechnosouz.com.ua/posuha> [in Ukrainian].
12. Polozhenets V.M., Chernysh O.M. et al. (2018). Pea cultivation in modern agriculture. Kyiv: Agrarian science [in Ukrainian].
13. Fedorova M.V., Kolomeets T.P. (2020). The influence of predecessors on the spread of pea diseases. *Bulletin of agricultural science* [in Ukrainian].
14. Kyryk M.M. (2015). *Phytopathology*. Kyiv: Center for Educational Literature [in Ukrainian].
15. Ulyanych V.I. (2019). Peculiarities of pea crop formation in the conditions of the Forest-Steppe. *Collection of scientific works of the Uman NUS* [in Ukrainian].
16. Skydan O.V. et al. (2017). Modern aspects of protecting pea crops from diseases and pests [in Ukrainian].

Kaminskiy V.F., Dvoretzka S.P., Karazhbey T.V.

Opportunities and limiting factors of pea production in Ukraine

Aim. To conduct a comprehensive analysis of the role of peas in the formation of the grain balance, to determine its agrotechnical, economic and agroecological significance, as well as key areas for increasing crop production in Ukraine. **Methods.** Comparative statistical, analytical, comprehensive assessment methods. **Results.** An analysis of the role of peas in the grain balance of Ukraine, its agroecological and agrotechnical significance, production dynamics in recent years, as well as the main prospects for increasing its production in the context of implementing the provisions of the European Green Deal and solving the problem of providing the population with vegetable protein in connection with the growing demand for it in the world. The main patterns of the formation of factors that determine the growth of interest of commodity producers in pea culture are established, a number of functions that determine its importance and significance are revealed, the determining directions of increasing grain production, through the prism of improving varietal policy, intensification of cultivation technology, high-quality functioning of post-harvest infrastructure, popularizing it as a food product in view of existing trends in healthy eating, as well as possible problems and risks of development. **Conclusions.** Pea culture has significant development potential in Ukraine: favorable soil and climatic conditions, modern world demand, the possibility of creating added value. Its production can become a strategic link in agrarian diversification, contribute to the ecological stability of agriculture and increase foreign exchange earnings from exports. At the same time, success will depend on the ability to overcome a number of challenges - climatic, logistical, market and institutional. If scientists, producers, processors, and the state can coordinate their efforts, pea production can become an important component of Ukraine's agricultural strategy, increasing agricultural producers' profits, strengthening their export position, and contributing to the sustainable development of agriculture.

Key words: production, stability, cultivation technology, possible risks.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Камінський В.Ф., доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН, головний науковий співробітник відділу технологій зернобобових, круп'яних і олійних культур ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: kamin.60@ukr.net, ORCID: 0000-0002-9668-6742.

Дворецька С.П., кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, провідний науковий

Kaminskiy V.F., doctor of agricultural sciences, professor, academician of the National academy of agrarian sciences of Ukraine, chief researcher of department of legume, cereal and oilseed crops technology of National scientific center «Institute of Agriculture of NAAS of Ukraine», e-mail: kamin.60@ukr.net; ORCID: 0000-0002-9668-6742.

Dvoretzka S.P., Candidate of Agricultural Sciences, Senior researcher, leading researcher of department of legume,

співробітник відділу технологій зернобобових, круп'яних і олійних культур ННЦ «Інститут землеробства НААН», e-mail: sdvorecka20@gmail.com; ORCID:0000-0002-8189-643X.

Каражбей Т.В., науковий співробітник відділу технологій зернобобових, круп'яних і олійних культур ННЦ «Інститут землеробства НААН».

cereal and oilseed crops technology of National scientific center «Institute of Agriculture of NAAS of Ukraine», e-mail: sdvorecka20@gmail.com; ORCID:0000-0002-8189-643X.

Karazhbey T.V., researcher of department of legume, cereal and oilseed crops technology of National scientific center «Institute of Agriculture of NAAS of Ukraine».

Надійшла 20.08.2025

АДАПТИВНИЙ ПОТЕНЦІАЛ І ПРОДУКТИВНІСТЬ СОРТІВ ТА ГІБРИДІВ ЖИТА ОЗИМОГО В КОНТЕКСТІ СТАЛИХ АГРОТЕХНОЛОГІЙ

Т. М. Тимошук¹, Н. В. Грицюк¹, О. В. Гурманчук¹,

А. В. Власюк², О. А. Власюк¹

¹Поліський національний університет (м. Житомир, Україна)

²Житомирська філія Українського інституту експертизи сортів рослин (с. Високе, Україна)

Мета. Впровадження високопродуктивних, адаптивних сортів і гібридів жита озимого дає змогу стабілізувати урожайність навіть за умов кліматичних коливань, забезпечити ефективне використання вологи й елементів живлення, а також знизити потребу у пестицидах та добривах. Це сприяє екологізації аграрного сектору, підвищенню конкурентоспроможності зерновиробництва, зміцненню продовольчої безпеки та формуванню стійких агроєкосистем. Метою цієї роботи було оцінити адаптивність і продуктивність сортів та гібридів жита озимого. **Методи.** Польові дослідження були проведені протягом 2023–2025 рр. в умовах Житомирської філії Українського інституту експертизи сортів рослин. Використані такі методи досліджень: польовий, аналітичний, математично-статистичний та дисперсійний. **Результати.** Досліджено сучасний стан зареєстрованих сортів і гібридів жита озимого в Україні. У Державний реєстр селекційних досягнень наразі включено 98 сортів і гібридів жита озимого. Встановлено тенденцію до зростання кількості іноземних сортів і гібридів з перевагою втричі порівняно з вітчизняними. Представлено результати оцінки сучасних сортів і гібридів жита озимого за показниками продуктивності та адаптивного потенціалу в умовах сталого землеробства. Визначено сорти з високою екологічною пластичністю та здатністю забезпечувати стабільні врожаї навіть за обмеженого ресурсного забезпечення. Обґрунтовано роль адаптивних сортів жита озимого як ключового чинника підвищення продуктивності в умовах ресурсозбереження та мінімізації впливу стресових факторів довкілля. **Висновки.** У результаті дослідження визначено найбільш адаптивні та продуктивні сорти і гібриди жита озимого. Отримані результати можуть бути використані для оптимізації сортової структури посівів жита озимого, що забезпечить стабільну продуктивність, сприятиме підвищенню продовольчої безпеки та екологічної стійкості агроєкосистем.

Ключові слова: урожайність зерна, маса 1000 насінин, індивідуальна продуктивність, екологічна пластичність, стійкість агроєкосистем, продовольча безпека.

Вступ. Жито озиме (*Secale cereale* L.) є однією з важливих зернових культур, яка відіграє суттєву роль у забезпеченні продовольчої безпеки та формуванні стабільних врожаїв у зонах ризикованого землеробства. Завдяки високій зимостійкості, невибагливості до ґрунтово-кліматичних умов вирощування та здатності забезпечувати стабільні врожаї у регіонах із підвищеним ризиком прояву абіотичних стресів, вирощування цієї культури сприяє сталому сільському

господарству. особливо у регіонах, де більш вимогливі культури не можуть вирощуватися через низьку агрономічну цінність ґрунту [1; 2]. В умовах змін клімату та необхідності переходу до сталого сільського господарства особливої актуальності набуває відбір і вирощування сортів, здатних поєднувати високу продуктивність із широкою екологічною пластичністю [3; 4]. Система сталого землеробства передбачає раціональне використання природних ресурсів, збереження

родючості ґрунтів, мінімізацію застосування хімічних засобів і зниження антропогенного навантаження на довкілля [1; 5; 6].

Вивчення стану проблеми. Встановлено, що жито озиме є однією з культур з найменшим ризиком вирощування, оскільки не потребує високої родючості ґрунту та агротехнології, а створені сорти та гібриди мають високий генетичний потенціал, адаптовані до конкретних ґрунтово-кліматичних умов, стійкі до посухи та зимових холодів, хвороб і вилягання рослин. ґрунтово-кліматичні умови всіх зон України, які характеризуються невисокою природною родючістю ґрунтів, підвищеною їх кислотністю, достатньою кількістю опадів, відповідають біологічним вимогам вирощування культури; підвищення попиту на внутрішньому і зовнішньому ринках спонукає вітчизняних агровиробників до розширення площ жита озимого та пошуку шляхів зниження собівартості виробленої продукції за рахунок удосконалення технологій вирощування [7].

Дослідженнями вчених обґрунтована корисна роль жита як компонента сучасної сівозміни і в якості покривної культури, зокрема сприяє зменшенню ерозії ґрунтів і накопиченню органічної речовини, стримує міграцію нітратів, може знижувати викиди парникових газів порівняно з інтенсивними зерновими ротаціями. Також жито розглядають як перспективну культуру для інтеграції в циркулярну біоекономіку. Ці екосистемні послуги роблять його привабливим для практик сталого землеробства [8].

У цьому контексті саме жито озиме має стратегічне значення завдяки своїй здатності ефективно використовувати вологу та поживні речовини, пригнічувати бур'яни й витримувати несприятливі погодні умови. Проте рівень урожайності та стабільність її формування значно залежать від генетичного потенціалу сортів і їх здатності адаптуватися до конкретних ґрунтово-кліматичних умов [1; 9]. Сталість виробництва та якість зерна жита озимого в умовах постійних кліматичних викликів, залежить від таких факторів, як підвищення температури, нерівномірний розподіл опадів (зменшення кількості опадів навесні та на початку літа, сильні дощі), біотичний стрес, агрономічні практики та викиди парникових газів. Дослідження взаємодії між зміною клімату, якістю ґрунту, біотичними стресорами та взаємодією рослин і мікробів дає уявлення про реакцію жита на зміни умов довкілля [10].

Селекція нових сортів жита з підвищеною продуктивністю та стійкістю має ключове значення для відродження цієї культури, забезпечення продовольчої безпеки та формування повноцінного раціону людини. Дедалі більшої поширеності набуває вирощування гібридного жита завдяки його високому потенціалу продуктивності та здатності адаптуватися до стресових умов [11; 12].

Сортовим рослинним ресурсам належить особливе значення в економічному і соціальному розвитку України, насамперед – у стабілізації та збільшенні обсягів виробництва всієї продукції рослинництва, а отже – забезпеченні основ продовольчої безпеки держави. Важливим напрямом селекції пшениці озимої є створення сортів з високою продуктивністю і екологічною пластичністю [13]. Урожайність жита значно варіює залежно від сорту, ґрунтово-кліматичних умов і агротехніки. Для виділення стабільних і продуктивних сортів необхідне проведення багатолокаційних і багаторічних випробувань з використанням сучасних методів аналізу стійкості [14]. Використання адаптивних сортів сприяє раціональному використанню ресурсів, зниженню залежності від інтенсивних технологій, мінімізації впливу стресових факторів середовища та підвищенню екологічної стійкості агроєкосистем [1; 15]. Незважаючи на поточні досягнення, залишаються серйозні проблеми у виробництві зерна жита за зміни клімату [10; 16; 17]. Тому вдосконалення селекційних зусиль є стратегічно важливим для підвищення конкурентоспроможності жита озимого в сталому сільському господарстві, а також для реалізації цілей Європейської Зеленої Угоди [18; 19; 20].

У працях вчених представлено як ризики (зменшення або нестабільність урожайності у певних регіонах), так і можливості (зміна зони вирощування, використання жита як більш адаптивної культури порівняно з іншими зерновими) вирощування жита озимого [10; 16]. Хоча жито, як правило, є більш стійким до біотичних та абіотичних стресів, ніж інші зернові культури, воно все ж може бути уражене низкою захворювань, зокрема фузаріозом колоса та листовою іржею. Використання стійких сортів є найбільш економічно та екологічно безпечною стратегією контролю фузаріозу колоса, ріжок та листової іржі [21]. Оскільки вводяться нові гібридні сорти жита та розширюється виробництво жита, важливо оцінити їх реакцію в різних ґрунтово-кліматичних умовах. Тому актуальним є проведення

комплексних досліджень, спрямованих на оцінку продуктивності та адаптивного потенціалу сортів жита озимого у контексті розвитку сталого сільськогосподарства.

Метою досліджень було оцінювання адаптивного потенціалу і продуктивності сортів та гібридів жита озимого для визначення найбільш перспективних сортів, що здатні забезпечувати стабільний урожай за зміни клімату.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження з оцінювання продуктивності і адаптивності сортів жита озимого проводили протягом 2023–2025 рр. в умовах Житомирської філії Українського інституту експертизи сортів рослин на дерново-підзолистих ґрунтах. Ґрунт дослідних ділянок характеризується такими агрохімічними показниками: уміст гумусу – 1,36–1,61%; азоту, що легко гідролізується – 55–69 мг/кг ґрунту, рухомих форм фосфору – 208–210 мг/кг ґрунту, калію – 93–116 мг/кг ґрунту; рН – 5,3.

Дослідження проводили за Методикою проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні [22]. Площа дослідної ділянки 25 м², повторність шестиразова. Сорти і гібриди жита озимого вирощували за загальноприйнятою для зони технологією. Попередником був горох. Перед оранкою на глибину 20–22 см проводили дискування у 2 сліди. Перед висіванням сортів жита озимого проводили культивування. В основне удобрення вносили нітроаммофоску 200 кг/га. Сівбу сортів і гібридів жита озимого проводили у другій декаді вересня. Навесні у фазі весняного відновлення вегетації проводили підживлення аміачною селітрою у дозі

100 кг/га. До початку виходу в трубку для контролю однорічних і багаторічних дводольних бур'янів (в т.ч. стійкі до 2,4-Д) у посівах жита озимого застосовували гербіцид Гренадер, 0,025 г/га з ПАР Агропав Екстра (0,1%).

У період вегетації сортів і гібридів жита озимого проводили регулярні фенологічні спостереження з фіксуванням початку основних фаз росту і розвитку рослин [23]. Оцінку адаптивності сортів і гібридів жита озимого здійснювали за такими ознаками: стійкість до вилягання, обсіпання, посухостійкість, зимостійкість, череззерниця, стійкість до бурої іржі, борошнистої роси і септоріозу. Адаптивність оцінювали 9-бальною шкалою, де 9 бал – характеризує вищий ступінь стійкості: 1 бал – дуже погана; 3 бали – погана; 5 балів – задовільна; 7 балів – добра; 9 балів – відмінна [22]. Поширення і розвиток хвороб у посівах жита озимого оцінювали за загальноприйнятими методиками з використання шкали: 1 бал – інфекція відсутня або дуже слабка; 3 бали – слабке ураження (5–10%); 5 балів – середня (11–35%); 7 балів – сильна (26–50%); 9 балів – дуже сильна (>50%).

Урожайність визначали поділянково шляхом обмолоту з кожної ділянки. Експериментальні дані опрацьовували методом дисперсійного аналізу з використанням прикладних комп'ютерних програм. Аналіз сортових ресурсів жита озимого, які внесено до Реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2025 р. здійснювали за використання аналітичного, математично-статистичного та дисперсійного методів досліджень.

Результати та їх обговорення. Наразі сортові ресурси жита озимого (*Secale cereale* L.), що

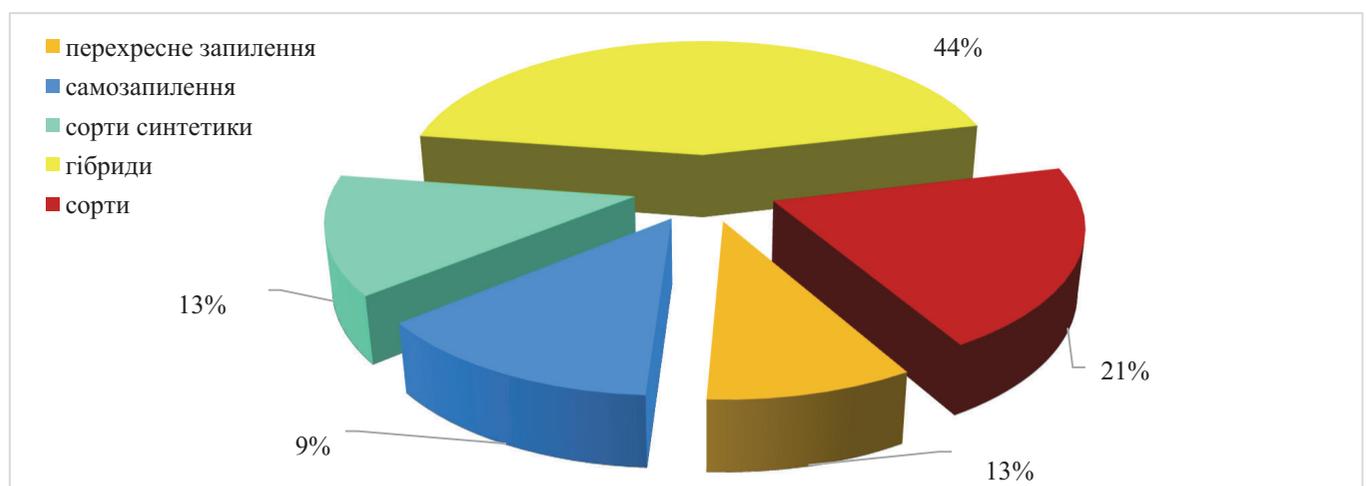


Рис. 1. Розподіл сортів і гібридів *Secale cereale* L. за походженням

Джерело. Розроблено за даними Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2025 р. [24]

включено до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні у 2025 р. нараховує 98 сортів і гібридів вітчизняної і іноземної селекції (рис. 1).

Наразі у Державному реєстрі кількість сортів і гібридів вітчизняної селекції становить 31, що відповідає 32% від усіх зареєстрованих. Переважна кількість сортів і гібридів жита озимого мають іноземне походження, що становить 68% від загальної кількості усіх внесених до Державного реєстру. Найбільшу частку серед зареєстрованих становлять сорти і гібриди жита озимого німецької селекції – 67%. Впродовж 2020–2025 рр. кількість сортів і гібридів жита озимого в Реєстрі сортів рослин збільшилася на 55 сорти порівняно з періодом 1997–2019 рр. Це становить 56% від загальної кількості. За цей період до Реєстру було включено більше сортів і гібридів (44) іноземної селекції, які в 2025 р. становили 45% від загальної кількості. Водночас, станом на 2019 р. їх було зареєстровано 23% від загальної кількості [24].

У 2024 і 2025 рр. до Державного реєстру було включено по 5 сортів і гібридів жита озимого, зокрема Альдана, Анже, ЗУ Ерлінг, ЗУ Івар, ЗУ Торві, ЗУ КАРЛССОН, КВС Емфор, КВС Фідальгор, Міранорс і Пауергрін. Це становить 10,2% від усієї кількості зареєстрованих (рис. 2).

До Державного реєстру за 2023 р. було включено 17 сортів і гібридів жита озимого (КВС Пульсор,

КВС Гілмор, Лунатор, Нива Волошкова, Рефлектор, ЗУ Барезі, ЗУ Глація, ЗУ Перспектив, ЗУ Футгурі, ЗУ Тор, Р3980, Л2177ПхЛ2184Н, ЛО1066П ЛО1104Н, ЛО1066П ЛО1095Н, ЛСР164, ЛСР 168 і ХЮРО35), що становить 18% від загальної кількості зареєстрованих. У 2022 р. до Державного реєстру було включено 7 сортів і гібридів жита озимого, зокрема Астранос, КВС Ротор, КВС Ігор, ЛСР 158, ЛСР 160, ЛО1066П ЛО1098Н і ЛО1066П ЛО1094Н. Це становить 8% від усієї кількості усіх зареєстрованих сортів і гібридів жита озимого. У Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні протягом 2021 р. було включено 8 сортів і гібридів жита озимого – Айвенго, ЗУ Арвід, КВС Тайо, Пам'яті Дерев'янка, Фрактальне, Л2171П Х Л2181Н, ЛСР 143, Хюс 74. У 2020 р. до Реєстру включено 13 сортів і гібридів жита озимого – Амей, Верша, Каліпсо, КВС Пропауер, Композитне, КВС Требіано, Хантер, Ло1019П Ло1066Н, ЛСР 126, ЛСР 147, ЛСР 135, МСГ 2135 і РГ 1124. Протягом 2012–2019 рр. до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні було включено 35 сортів і гібридів сортів жита озимого, що становить 36% від усієї кількості зареєстрованих. З 1997 до 2010 рр. у Реєстрі кількість сортів жита озимого становить 8% від усіх зареєстрованих (Велитень, Дозор, Древянське, Забава, Інтенсивне 99, Пам'ять Худоєрка, Синтетик 38, Сіверське).

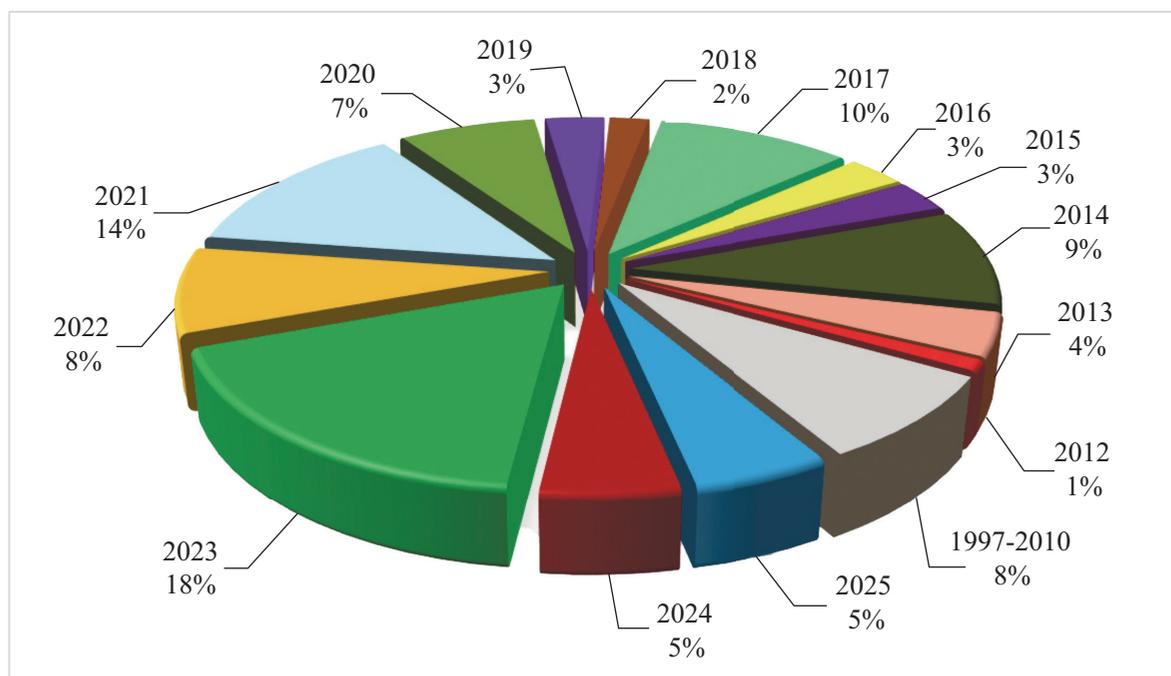


Рис. 2. Сортний склад *Secale cereale L.* в Україні, 1997–2025 рр.

Джерело. Розроблено за даними Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2025 р.

Таблиця 1. Характеристика сортів і гібридів жита озимого в умовах Житомирської філії УІ-ЕСР, 2023–2025 рр.

Назва сорту	Рік реєстрації	Рекомендована зона для вирощування	Напрямок використання	Метод створення	Група стиглості	Якість	Країна заявника
Нива Волошкова	2024	ЛП	зерн	С		сбіл	UA
Рефлектор	2024	СЛП	зерн	СЗ			DE
Альдана	2023	ЛП	зерн	С		нбіл	UA
Анже	2023	ЛП	зерн	С		нбіл	UA
КВС Пульсор	2023	П	зерн	F ₁		нбіл	DE
Лунатор	2023	СЛП	зерн	СЗ			DE
КВС Гілмор	2022	ЛП	зерн	F ₁	рс	нбіл	DE
КВС Ротор	2023	ЛП	зерн	F ₁		нбіл	DE
КВС Ігор	2023	ЛП	зерн	F ₁	сс	нбіл	DE
ЗУ Перспектив	2023	СЛП	зерн	F ₁	сс		DE
ЗУ Барезі	2022	СЛП	зерн	F ₁		сбіл	DE
ЗУ Глація	2024	СЛП	зерн	F ₁			DE

Примітка. П – Полісся, Л – Лісостеп, С – Степ, зерн – зерновий напрям використання, С – сорт-синтетик, СЗ – самозапилення, F₁ – гібрид, рс – ранньостиглий, сс – середньостиглий, сбіл – середньобілковий, нбіл – низькобілковий, UA – Україна, DE – Німеччина.

Усі досліджувані сорти і гібриди жита озимого зернового напрямку використання (табл. 1).

Гібрид жита озимого КВС Пульсор рекомендований до поширення в зоні Полісся. Для вирощування у зоні Полісся і Лісостепу рекомендовані такі сорти і гібриди жита озимого, як Нива Волошкова, Альдана, Анже, КВС Гілмор, КВС Ротор і КВС Ігор. Сорти і гібриди жита озимого Рефлектор, Лунатор, ЗУ Перспектив, ЗУ Барезі і ЗУ Глація рекомендовані до поширення у трьох ґрунтово-кліматичних зонах – Поліссі, Степу і Лісостепу.

Адаптивність є однією з найбільш важливих характеристик сортів і гібридів жита озимого, що визначає їх здатність підтримувати високу продуктивність за різних ґрунтово-кліматичних умов. Досліджувані сорти і гібриди жита озимого відзначаються підвищеною зимостійкістю (7 балів), посухостійкістю (7 балів) та стійкістю до вилягання (табл. 2).

Найвищу стійкість до обсіпання забезпечили сорти і гібриди жита озимого КВС Пульсор, КВС Гілмор, Альдана і ЗУ Барезі – 8,5–9,0 балів. Підвищена вологість повітря та ґрунту під час наливання і досягання зерна, тривалі дощі, різкі коливання температури підсушують пилок рослин жита озимого, що спричиняє зменшення кількості запліднених квіток. Поява череззерниці часто свідчить про недостатню

адаптивність сорту до гідротермічних стресів, особливо до надмірного зволоження у фазі досягання. У більш адаптивних сортів і гібридів спостерігається стабільна фізіологічна реакція на такі умови: вони характеризуються щільнішою структурою колоса, оптимальним восковим нальотом і регульованим водним балансом зерна, що зменшує ризик злипання. Рівень прояву череззерниці можна розглядати, як індикатор адаптивного потенціалу сортів і гібридів жита озимого до вологих і нестабільних погодних умов. Череззерниця досліджуваних сортів і гібридів жита озимого була на рівні 4–7 балів. Варто відзначити, що високий рівень адаптивності забезпечує стабільність урожайності навіть у роки з несприятливими погодними умовами, сприяючи підвищенню продовольчої безпеки.

Досліджувані сорти і гібриди жита озимого характеризувалися високими показниками індивідуальної продуктивності (табл. 3).

У середньому за роки досліджень найнижчу висоту мали сорти і гібриди жита озимого КВС Гілмор і КВС Ігор – 127,5 і 128,9 см відповідно. Висота сортів і гібридів Альдана, ЗУ Перспектив, Нива Волошкова, КВС Пульсор, Рефлектор і КВС Ротор коливалася від 133,4 см до 136,2 см. Найвищу висоту (141,5–145,6 см) спостерігали у сортів і гібридів жита озимого ЗУ Глація, ЗУ Барезі і Лунатор. Довжина

Таблиця 2. Адаптивність сортів жита озимого в умовах Житомирської філії УІЕСР, 2023–2025 рр.

Назва сорту	Стійкість, бал			Зимостійкість, бал	Череззерниця, бал	Стійкість до хвороб, бал		
	до вилягання	до обсіпання	до посухи			БІ*	БР	СП
Нива Волошкова	9,0	8,0	7,0	7,0	6,5	9,0	9,0	9,0
Анже	9,0	8,0	7,7	7,7	4,4	9,0	9,0	9,0
Альдана	9,0	8,7	7,7	7,7	5,2	9,0	9,0	9,0
ЗУ Барезі	9,0	9,0	7,0	7,0	4,5	9,0	9,0	9,0
ЗУ Глація	9,0	8,0	7,0	7,0	4,0	9,0	9,0	9,0
КВС Гілмор	9,0	8,5	7,0	7,0	4,8	9,0	9,0	9,0
КВС Пульсор	9,0	8,5	7,0	7,0	4,5	9,0	9,0	9,0
КВС Ігор	9,0	8,0	7,0	7,0	5,5	9,0	9,0	9,0
Лунатор	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	9,0	9,0	9,0
ЗУ Перспектив	9,0	8,0	7,0	7,0	4,8	9,0	9,0	9,0
Рефлектор	9,0	8,0	7,0	7,0	6,8	9,0	9,0	9,0
КВС Ротор	9,0	8,0	7,0	7,0	4,0	9,0	9,0	9,0

*Примітка. БІ – буре іржа, БР – борошниста роса, СП – снігова пліснява.

колосу сортів і гібридів жита озимого коливалася від 9,2 см до 13,2 см. Найменшу кількість зерен у колосі встановлено у гібрида КВС Гілмор (54,8 шт.) і сорту Рефлектор (55,7 шт.). У сортів і гібридів жита озимого Лунатор, Нива Волошкова, КВС Пульсор, ЗУ Перспектив, КВС Ротор і Анже кількість зерен у колосі варіювала від 62,5 до 67,3 шт. Найбільшу кількість зерен у колосі (69,5–74,6 шт.) сформували сорти і гібриди жита озимого Анже, ЗУ Барезі, КВС Ігор, ЗУ Глація і Альдана. Тривалість вегетаційного періоду сортів і гібридів жита озимого у середньому за роки досліджень становила 282 доби.

Маса 1000 насінин досліджуваних сортів і гібридів жита озимого у середньому за роки досліджень коливалася від 34,9 г до 43,9 г (рис. 3).

Найвищу масу 1000 насінин мали гібрид КВС Пульсор і сорт Альдана. Найнижчу урожайність зерна у середньому за роки дослідження сформували сорти Лунатор (4,23 т/га) і Нива Волошкова (4,35 т/га). Урожайність сортів жита озимого Анже, Рефлектор і Альдана була на рівні 4,74–5,41 т/га. Гібриди жита озимого характеризувалися вищою урожайністю зерна порівняно із сортами. Найвищу урожайність зерна сформували гібриди жита озимого ЗУ Глація, КВС

Таблиця 3. Індивідуальна продуктивність сортів і гібридів жита озимого в умовах Житомирської філії УІЕСР, 2023–2025 рр.

Назва сорту	Висота рослин, см	V,%	Довжина колоса, см	V,%	Кількість зерен в колосі, г		Тривалість вегетаційного періоду, діб	V,%
Нива Волошкова	134,6	4,36	10,5	10,13	65,2	2,11	282	1,88
Анже	143,3	2,56	13,1	7,75	67,3	3,69	282	1,47
Альдана	133,4	3,49	13,2	5,33	74,6	1,75	282	0,94
ЗУ Барезі	142,1	2,85	12,3	8,60	69,5	2,04	282	0,89
ЗУ Глація	141,5	2,87	13,1	8,35	72,1	3,69	282	1,08
КВС Гілмор	127,5	3,50	9,6	12,12	54,8	3,24	282	0,71
КВС Пульсор	134,6	2,77	10,4	12,51	62,5	2,24	282	1,08
КВС Ігор	128,9	3,99	12,5	6,97	71,2	1,89	282	1,25
Лунатор	145,6	1,92	10,3	12,86	63,4	2,65	282	0,89
ЗУ Перспектив	134,2	2,72	10,5	8,13	64,3	2,48	282	0,71
Рефлектор	135,2	2,64	9,2	9,34	55,7	2,39	282	0,71
КВС Ротор	136,2	3,25	11,2	9,52	66,8	2,55	280	0,54

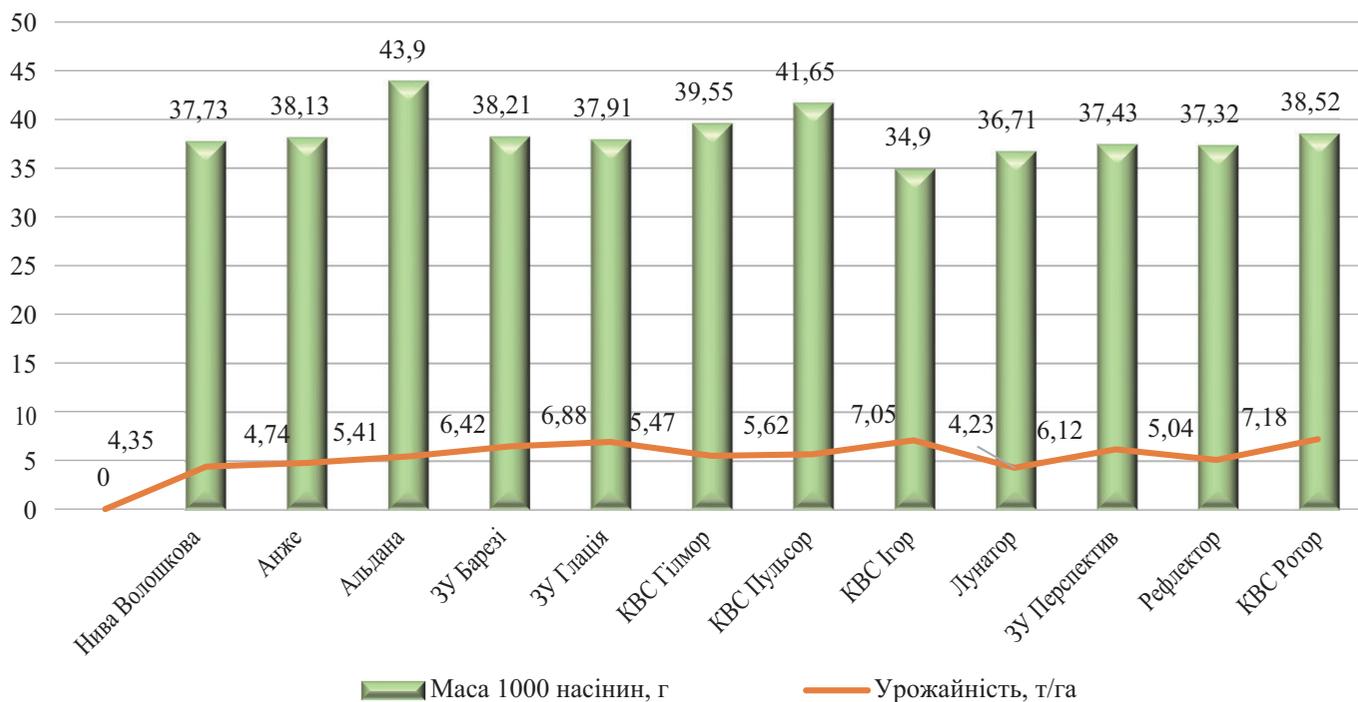


Рис. 3. Урожайність і маса 1000 насінин сортів і гібридів жита озимого в умовах Житомирської філії УАЕСР, 2023–2025 рр.

Ігор і КВС Ротор – 6,88–7,18 т/га, що на 2,65–2,95 т/га більше порівняно із сортом Лунатор. Гібриди жита озимого, завдяки гетерозисному ефекту, характеризуються високою екологічною пластичністю, енергією росту, поліпшеними показниками якості зерна та стійкістю до вилягання і хвороб. Це робить їх перспективними для інтенсивних і ресурсозберігаючих технологій вирощування. Поєднання високої адаптивності, урожайності та якості продукції у сучасних сортів і гібридів жита є запорукою сталого розвитку зерновиробництва й ефективного використання потенціалу агроландшафтів. Отже, раціональне використання сортових ресурсів жита озимого є стратегічним напрямом формування стійких агроecosystem, підвищення конкурентоспроможності зернової галузі та досягнення цілей сталого розвитку, зокрема, продовольчої безпеки, екологічної рівноваги та економічної стабільності сільських територій.

Висновки

Відбір і впровадження сортів із підвищеною екологічною пластичністю та стійкістю до стресових факторів довкілля є важливим напрямом селекції, спрямованим на підвищення стабільності врожайності та якості зерна в умовах змін клімату. Сортівний потенціал занесених до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні станом на 2025 р., налічує 98 сортів і гібридів, а також є вагомим

інноваційним вкладом для проведення ефективної сортозаміни в різних зонах вирощування жита озимого. У результаті дослідження визначено найбільш адаптивні та продуктивні сорти і гібриди жита озимого. Це допоможе оптимізувати сортову політику, підвищити рентабельність виробництва, знизити втрати урожаю в екстремальні роки та забезпечити сталий розвиток зернового сектора в умовах змін клімату.

В умовах Житомирської філії УАЕСР на дерново-підзолистих ґрунтах сорти і гібриди жита озимого характеризувалися підвищеною зимостійкістю (7 балів), посухостійкістю (7 балів) та стійкістю до вилягання (9 балів). Найвищу стійкість до обсіпання (8,5–9,0 балів) забезпечили гібриди жита озимого КВС Пульсор, КВС Гілмор, ЗУ Барезі і сорт Альдана. Гібрид КВС Пульсор і сорт Альдана мали найвищу масу 1000 насінин – 41,6 і 43,9 г. Найвищу урожайність зерна (6,88–7,18 т/га) у ґрунтово-кліматичних умовах Полісся сформували гібриди ЗУ Гляція, КВС Ігор і КВС Ротор.

Перспективним напрямом є поглиблене вивчення адаптивності та продуктивності сортів і гібридів жита озимого під впливом біопрепаратів і антистресантів, спрямованих на підвищення їх стійкості до несприятливих факторів довкілля. Отримані результати можуть стати науковою основою для створення нових високопродуктивних, адаптивних і стресостійких генотипів жита озимого, придатних для вирощування в умовах кліматичних змін.

ЛІТЕРАТУРА

1. Berbec A.K., Wyzińska M. From nutrition to energy: evaluating the role of rye (*Secale cereale* L.) grain in sustainable food systems and biofuel applications. *Foods*. 2025. Vol. 14. P. 1971. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods14111971>.
2. Мойсієнко В.В., Тимошук Т.М., Назарчук О.П., Дяков Т.В. Оптимізація елементів технології вирощування гібридного жита в умовах Полісся. *Вісник ПДАА*. 2021. № 3. С. 67–74. doi: 10.31210/visnyk2021.03.08.
3. Тимошук Т.М., Чайка О.В., Ничипорук В.В., Орищук О.С., Ничипорук О.О. Сорт як фактор формування стійких агроценозів жита озимого. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Сер. «Агрономія і біологія». 2013. Вип. 3 (25). С. 218–221.
4. Топчій О.В., Смутьська І.В., Житомирець О.С., Присяжнюк Л.М., Гринів С.М., Михайлик С.М., Кулик Т.Є. Урожайність та якість зерна нових сортів жита посівного озимого (*Secale cereale* L.) у різних ґрунтово-кліматичних зонах України. *Plant Varieties Studying and protection*. 2024. Т. 20, № 2. С. 120–126. DOI: <https://doi.org/10.21498/2518-1017.20.2.2024.304100>.
5. Кирилюк В.П., Тимошук Т.М., Колесніков М.О., Мойсієнко В.В., Плотницька Н.М. Оптимізація водного режиму посівів сої залежно від систем обробітку ґрунту та удобрення для сталого агро-виробництва. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2025, Вип. 1(15), С. 82–91 DOI: 10.54651/agri.2025.01.10.
6. Тимошук Т.М., Кирилюк В.П., Ковальчук Н.В., Невмержицька О.М. Оптимізація технології основного обробітку ґрунту під посів гірчиці білої в умовах сталого сільського господарства. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2025. Вип. 2 (16). С. 91–99. <https://doi.org/10.54651/agri.2025.02.10>.
7. Островий С.В. Жито посівне (озиме) – недооцінена у виробництві культура. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 75 (2). С. 112–123 DOI: 10.32636/01308521.2024-(75)-2-10
8. Rye the Right Crop for “Nabbing” Nitrates, Capturing Carbon and Generating Bioenergy. The Agricultural Research Service. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 2023. URL: https://www.ars.usda.gov/news-events/news/research-news/2023/rye-the-right-crop-for-nabbing-nitrates-capturing-carbon-and-generating-bioenergy/?utm_source=chatgpt.com
9. Кирильчук А.М., Чухлеб С.Л., Безпрозвана І.В., Ляшенко С.О., Кулик Т.Є. Урожайність та якість нових сортів жита озимого в умовах Лісостепу та Полісся України. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 136. Частина 1. С. 158–172. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.1.20>.
10. Ghafoor A.Z., Karim H., Studnicki M., Raza A., Javed H.H., Asghar M.A. Climate change and rye (*Secale cereal* L.) production: Challenges, opportunities and adaptations. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 2024. Vol. 210 (4). P. e12725. DOI: <https://doi.org/10.1111/jac.12725>.
11. Kozrzeska M.K., Jastrzębska M. Hybrid Cultivar and Crop Protection to Support Winter Rye Yield in Continuous Cropping. *Agriculture*. 2025. Vol. 15(13). P. 1368. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture15131368>.
12. Hackauf B., Siekmann D., Fromme F.J., Improving yield and yield stability in winter rye by hybrid breeding. *Plants*. 2022. Vol. 11(19). P. 2666. DOI: <https://10.3390/plants11192666>.
13. Коновалов Д.В., Поліщук В.В., Карпук Л.М., Чухлеб С.Л., Шкляр В.Д. Формування сортових ресурсів пшениці озимої. *Агробіологія*. 2023. № 1. С. 83–90. DOI: 10.33245/2310-9270-2023-179-1-83-90
14. Stępniewska S., Cacak-Pietrzak G., Fraś A. Jończyk K., Studnicki M., Wiśniewska M., Gzowska M., Salamon A. Effect of genotype and environment on yield and technological and nutrition traits on winter rye grain from organic production. *Agriculture*. 2024. Vol. 14. P. 2249. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture1412224>.
15. Ярош В., Реліна Л. Колекція жита озимого національного центру генетичних ресурсів рослин України як основа для створення селекційно-цінних і стабільних генотипів. *Вісник аграрної науки*. 2022. №9 (834). С. 62–68. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202209-07>.
16. Korzun V., Ponomareva M.L., Sorrells M.E. (2021). Economic and Academic Importance of Rye. In: Rabanus-Wallace, M.T., Stein, N. (eds) *The Rye Genome. Compendium of Plant Genomes*. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-83383-1_1.
17. Ghafoor A.Z., Wijata M., Rozbicki J., Krysztofik R., Banaszak K., Karim H., Derejko A., Studnicki M. Influence of crop management on stability rye yield and some grain quality traits. *Agronomy Journal*. 2024. Vol. 116, P. 2263–2274 DOI: <https://doi.org/10.1002/agi2.21647>.
18. Miedaner T., Lauenstein S., Lieberherr B. Comparison of hybrid rye and wheat for grain yield and other agronomic traits under less favourable

- environmental conditions and two input levels. *Agriculture*. 2025. Vol. 15, P. 163. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture15020163>.
19. Mekonnen T.W., Labuschagne M. (2025). Production, utilization, and breeding of winter rye. In: Singh Purewal, S. (eds) *Rye: processing, nutritional profile and commercial uses*. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-86613-5_2.
 20. Швець Т.В., Лісогурська Д.В., Тимошук Т.М., Фурман С.В. Вектори розвитку зеленого сільськогосподарства в Україні. *Таврійський науковий вісник*. 2024. № 137. С.556–563. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.65>.
 21. Wang D., Brûlé-Babel A., Larsen J., Henriquez M.A. Evaluation of winter rye genotypes for *Fusarium* head blight, leaf rust, and ergot resistance in multi-environment replicated trials. *Euphytica*. 2025. Vol. 221. P. 120. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-025-03552-1>.
 22. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні / За ред. С.О. Ткачик. Вінниця: ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 82 с.
 23. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні / за ред. С.О. Ткачик, О.І. Присяжнюк, Н.В. Лещук/ 4-те вид., випр. і доп. Вінниця: ФОП Корзун Д. Ю., 2017. 119 с.
 24. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні. 2025. Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reestr-sortiv-roslin>

REFERENCES

1. Berbec, A.K., & Wyzińska, M. (2025) From nutrition to energy: evaluating the role of rye (*Secale cereale* L.) grain in sustainable food systems and biofuel applications. *Foods*, 14, 1971. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods14111971> [in English].
2. Moisiienko, V.V., Tymoshchuk, T.M., Nazarchuk, O.P., & Diakov, T.V. (2021) Optymizatsiia elementiv tekhnologii vyroshchuvannia hibrydnoho zhyta v umovakh Polissia [Optimizing the components of hybrid rye growing practice in Polissia]. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 67–74. DOI: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.03.08> [in Ukrainian].
3. Tymoshchuk, T.M., Chaika, O.V., Nychporuk, V.V., Oryshchuk, O.S. & Nychporuk, O.O. (2013). Sort yak faktor formuvannia stiikykh ahrotsenoziv zhyta ozymoho [A variety as a factor of forming resistant agrocenoses of winter rye]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya «Ahronomiia i biolohiia»*, 3 (25), 218–221 [in Ukrainian].
4. Topchii, O.V., Smulsk, I.V., Zhytomyrets, O.S., Prysiashniuk, L.M., Hryniv, S.M., Mykhailyk, S.M., & Kulyk, T.E. (2024). Urozhainist ta yakist zerna novykh sortiv zhyta posivnoho ozymoho (*Secale cereale* L.) u riznykh gruntovo-klimatychnykh zonakh Ukrainy. [Yield and grain quality of new varieties of winter rye (*Secale cereale* L.) in different soil and climatic zones of Ukraine]. *Plant Varieties Studying and Protection*, 20(2), 120–126. DOI: <https://doi.org/10.21498/2518-1017.20.2.2024.304100> [in Ukrainian].
5. Kyryliuk, V.P., Tymoshchuk, T.M., Kolesnikov, M.O., Moisiienko, V.V., & Plotnytska, N.M. (2025). Optymizatsiia vodnoho rezhymu posiviv soi zalezno vid system obrobittku gruntu ta udobrennia dlia staloho ahrovyrobnytstva [Optimization of water regime of soybean crops depending on tillage and fertilization systems for sustainable agricultural production]. *Agriculture and Plant Sciences: Theory and Practice*, 1(15), 82–91 DOI: <https://doi.org/10.54651/agri.2025.01.10> [in Ukrainian].
6. Tymoshchuk, T.M., Kyryliuk, V.P., Kovalchuk, N.V., & Nevmerzhytska, O.M. (2025). Optymizatsiia tekhnologii osnovnoho obrobittku gruntu pid posiv hirchyttsi biloi v umovakh staloho silskoho hospodarstva [Optimization of the technology of basic soil tillage for sowing white mustard in sustainable agriculture]. *Agriculture and Plant Sciences: Theory and Practice*, 2 (16), 91–99. DOI: <https://doi.org/10.54651/agri.2025.02.10> [in Ukrainian].
7. Ostrovyi, S. (2024). Zhyto posivne (ozyme) – nedootsinena u vyrobnytstvi kultura. [Sowing (winter) rye – an underestimated crop in production]. *Foot-hill and Mountain Agriculture and Stockbreeding*, 75 (2), 112–123 DOI: [10.32636/01308521.2024-\(75\)-2-10](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(75)-2-10) [in Ukrainian].
8. Rye the Right Crop for “Nabbing” Nitrates, Capturing Carbon and Generating Bioenergy. The Agricultural Research Service. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 2023. URL: https://www.ars.usda.gov/news-events/news/research-news/2023/rye-the-right-crop-for-nabbing-nitrates-capturing-carbon-and-generating-bioenergy/?utm_source=chatgpt.com [in English].
9. Kyrylchuk, A.M., Chukhlieb, S.L., Bezprozvana, I.V., Liashenko, S.O., Kulyk, T.Ie. (2024). Urozhainist ta yakist novykh sortiv zhyta ozymoho v umovakh Lisostepu ta Po-lissia Ukrainy [Yield and quality of new varieties of winter rye in the conditions of the Forest Steppe and Polissia of Ukraine]. *Taurida Scientific Herald. Series: Rural Sciences*, 136(1), 158–

172. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.1.20> [in Ukrainian].
10. Ghafoor, A.Z., Karim, H., Studnicki, M., Raza, A., Javed, H.H., & Asghar, M.A. (2024). Climate change and rye (*Secale cereal* L.) production: Challenges, opportunities and adaptations. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 210 (4), e12725. DOI: <https://doi.org/10.1111/jac.12725> [in English].
11. Kostrzewska, M.K., & Jastrzębska, M. (2025). Hybrid Cultivar and Crop Protection to Support Winter Rye Yield in Continuous Cropping. *Agriculture*, 15(13), 1368. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture15131368> [in English].
12. Hackauf, B., Siekmann, D., & Fromme, F.J., (2022). Improving yield and yield stability in winter rye by hybrid breeding. *Plants*, 11(19), 2666. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants11192666> [in English].
13. Konovalov, D., Polishchuk V., Karpuk L., Chuhleb S., & Shklyar V. (2023). Formuvannia sortovykh resursiv pshenytsi ozymoi [Formation of varietal resources of winter wheat]. *Agrobiologiya*, 1, 83–90. DOI: [10.33245/2310-9270-2023-179-1-83-90](https://doi.org/10.33245/2310-9270-2023-179-1-83-90) [in Ukrainian].
14. Stępniewska, S., Cacak-Pietrzak, G., Fraś, A. Jończyk, K., Studnicki, M., Wiśniewska, M., Gzowska, M., & Salamon, A. (2024). Effect of genotype and environment on yield and technological and nutrition traits on winter rye grain from organic production. *Agriculture*, 14, 2249. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture1412224> [in English].
15. Yarosh, A., & Relina, L. (2022). Kolektsiia zhyta ozymoho natsionalnogo tsentru henetychnykh resursiv roslyn Ukrainy yak osnova dlia stvorennia selektsiino-tsinnnykh i stabilnykh henotypiv [Winter rye collection of the National Center of plant genetic resources of Ukraine as a basis for the creation of selection valuable and stable genotypes]. *Bulletin of Agricultural Science*, №9(834), 62–68. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202209-07> [in Ukrainian].
16. Korzun, V., Ponomareva, M.L., & Sorrells, M.E. (2021). Economic and Academic Importance of Rye. In: Rabanus-Wallace, M.T., Stein, N. (eds) *The Rye Genome. Compendium of Plant Genomes*. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-83383-1_1 [in English].
17. Ghafoor, A.Z., Wijata, M., Rozbicki, J., Krysztofik, R., Banaszak, K., Karim, H., Derejko, A., & Studnicki, M. (2024). Influence of crop management on stability rye yield and some grain quality traits. *Agronomy Journal*, 116, 2263–2274 DOI: <https://doi.org/10.1002/agj2.21647> [in English].
18. Miedaner, T., Lauenstein, S., & Lieberherr, B. (2025). Comparison of hybrid rye and wheat for grain yield and other agronomic traits under less favourable environmental conditions and two input levels. *Agriculture*, 15, 163. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture15020163> [in English].
19. Mekonnen, T.W., & Labuschagne, M. (2025). Production, utilization, and breeding of winter rye. In: Singh Purewal, S. (eds) *Rye: processing, nutritional profile and commercial uses*. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-86613-5_2 [in English].
20. Shvets, T.V., Lisohurska, D.V., Tymoshchuk, T.M., & Furman, S.V. (2024). Vektory rozvytku zelenoho silskoho hospodarstva v Ukraini [Vectors of development of green agriculture in Ukraine]. *Taurida Scientific Herald. Series: Rural Sciences*, 137, 556–563. DOI: <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.65> [in Ukrainian].
21. Wang, D., Brûlé-Babel, A., Larsen, J., & Henriquez, M.A. (2025). Evaluation of winter rye genotypes for *Fusarium* head blight, leaf rust, and ergot resistance in multi-environment replicated trials. *Euphytica*, 221, 120. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-025-03552-1> [in English].
22. Tkachyk, S.O. (Ed). (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy zernovykh, krupianykh ta zernobobovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini* [Methodology for conducting an examination of plant varieties of cereal, grain and legume groups for suitability for distribution in Ukraine]/. Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu [in Ukrainian].
23. Tkachyk, S.O., Prysiazhniuk, O.I., & Leshchuk, N.V. (Eds.). (2017). *Metodyka provedennia kvalifi-katsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini* [Methodology for conducting qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine]. Vinnytsia : FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian].
24. Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini. 2025 / Ministerstvo aharnoi polityky ta prodovolstva Ukrainy URL: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reiestr-sortiv-roslin> [in Ukrainian].

Tymoshchuk T.M., Hrytsiuk N.V., Gurmanchuk O.V., Vlasiuk A.V., Vlasiuk O.A.,

Adaptive potential and productivity of winter rye varieties and hybrids in the context of sustainable agricultural technologies

Aim. *The introduction of high-yielding, adaptive varieties and hybrids of winter rye makes it possible to stabilize yields even under climatic fluctuations, ensure the efficient use of moisture and nutrients, and reduce the need*

for pesticides and fertilizers. This contributes to the greening of the agricultural sector, increasing the competitiveness of grain production, strengthening food security, and forming sustainable agroecosystems. The purpose of this work was to evaluate the adaptability and productivity of winter rye varieties and hybrids. **Methods.** Field studies were conducted during 2023–2025 at the Zhytomyr branch of the Ukrainian Institute for Plant Variety Examination. The following research methods were used: field, analytical, mathematical-statistical, and dispersion. **Results.** The current status of registered varieties and hybrids of winter rye in Ukraine was studied. Currently, 98 varieties and hybrids of winter rye are included in the State Register of Selection Achievements. A trend towards an increase in the number of foreign varieties and hybrids, which outnumber domestic ones threefold, has been established. The results of the evaluation of modern varieties and hybrids of winter rye in terms of productivity and adaptive potential under sustainable agriculture conditions are presented. Varieties with high ecological plasticity and the ability to provide stable yields even with limited resources have been identified. The role of adaptive winter rye varieties as a key factor in increasing productivity in conditions of resource conservation and minimization of the impact of environmental stress factors has been substantiated. **Conclusions.** The study identified the most adaptive and productive varieties and hybrids of winter rye. The results can be used to optimize the varietal structure of winter rye crops, which will ensure stable productivity, contribute to food security, and promote the ecological sustainability of agroecosystems.

Key words: grain yield, weight of 1000 seeds, individual productivity, ecological plasticity, stability of agroecosystems, food security.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Тимошук Т.М., кандидат сільськогосподарських наук, доцент, завідувач кафедри здоров'я фітоценозів і трофології, агрономічний факультет, Поліський національний університет, e-mail: tat-niktim@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8980-7334.

Грицюк Н.В., кандидат сільськогосподарських наук, доцент, агрономічний факультет, Поліський національний університет, e-mail: ngritsyuk78@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4185-7495.

Власюк О.А., здобувач вищої освіти ОС «Магістр», агрономічний факультет, Поліський національний уні-

верситет, e-mail: vlasukoleksandr794@gmail.com, ORCID: 0009-0007-1197-1397.

Власюк А.В., провідний агроном, Житомирська філія Українського інституту експертизи сортів рослин, e-mail: oleksandrvasuk799@gmail.com, ORCID: 0009-0003-5469-8547

Гурманчук О.В., кандидат сільськогосподарських наук, доцент, агрономічний факультет, Поліський національний університет, e-mail: gurmanchuka@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9663-1514.

Tymoshchuk T.M., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, The Head of the Department of Health of Phytocenoses and Trophology, Faculty of Agronomy, Polissia National University, e-mail: tat-niktim@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8980-7334.

Hrytsiuk N.V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, The Associate Professor of the Department of Health of Phytocenoses and Trophology, Faculty of Agronomy, Polissia National University, e-mail: ngritsyuk78@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4185-7495.

Vlasiuk O.A., Higher education graduate with a Master's degree, Faculty of Agronomy, Polissia National University,

e-mail: vlasukoleksandr794@gmail.com, ORCID: 0009-0007-1197-1397.

Vlasiuk A.V., senior agronomist, Zhytomyr Regional representations of the Ukrainian Institute for Plant Variety Examination, e-mail: oleksandrvasuk799@gmail.com, ORCID: 0009-0003-5469-8547.

Gurmanchuk O.V., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, The Associate Professor of the Department of Health of Phytocenoses and Trophology, Faculty of Agronomy, Polissia National University, e-mail: gurmanchuka@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9663-1514.

Надійшла 13.08.2025

ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЯКОСТЕЙ ЗЕРНА ПРОСА ЗА ОЗНАКОЮ ПЛІВЧАСТІСТЬ

А.М. Проданик, О.В. Самборська

ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Україна)

Мета. Вивчити особливості успадкування ознак технологічних якостей зерна проса з метою створення генетичних джерел оптимальної (пониженої) плівчастості зернівки в комплексі з іншими господарсько-цінними ознаками. **Методи.** Штучні схрещування проса здійснювали водним способом за методикою І.В. Яшовського [6], визначення технологічних якостей зерна проса (масу 1000 зерен, плівчастість і фракційний склад) проводили за загальноприйнятими методиками [7]. **Результати.** Характер успадкування ознаки плівчастості зерна вказує на проміжний тип прояву цієї ознаки у 37,6% гібридів; у 10,4% гібридів виявлено гетерозис, а у 14,6% – частково позитивне домінування, з негативним проявом ознаки, у 20,8% гібридів була депресія, у 16,5% – частково від’ємне домінування. Під час створення сортів із низькою і середньою плівчастістю, батьківським компонентом доцільно підбирати низькоплівчасту форму. У другому поколінні плівчастість зернівки проса успадковувалась переважно за проміжним типом (57–82%), а також спостерігалось як позитивне (у нашому випадку з меншою від батьківських компонентів плівчастістю – 5–13%), так і негативне наддомінування (грубоплівчасті – 10–38%). **Висновки.** Під час створення сортів із низькою і середньою плівчастістю батьківським компонентом (запилювачем) доцільно підбирати низькоплівчасту форму, при цьому переважна більшість гібридів буде з оптимальною (12–17%) плівчастістю, що дає можливість прогнозувати ефективність доборів на користь даної ознаки.

Ключові слова: лінії, генотипи, зразки, гібриди, джерела, ознаки, технологічні якості.

Вступ. З давніх часів зерно проса було важливим джерелом харчування для народів як Азії, так і Європи, що обумовилось такими особливостями цієї рослини – найбільшим серед злакових рослин коефіцієнтом розмноження за найменшої маси зерна для посіву, високою потенціальною продуктивністю навіть за суворого самозапилення, простотою виробництва основного харчового продукту – пшона, його високою поживністю та відмінними кулінарними якістьми, цінними кормовими показниками зеленої маси та соломи [1; 2]. Просо, завдяки короткому вегетаційному періоду, можна використовувати як страхову культуру [3]. Крім того, просо краще за інші злакові культури витримує ґрунтову й повітряну посуху, а тому може гідно замінити менш посухостійку культуру у сівозміні. Також перевагою проса є його солевитривалість [4; 5].

У зв’язку з тим, що перед глобальними агропродовольчими системами стоїть завдання нагодувати населення планети, що постійно зростає, стійкі зернові культури, такі як просо, є доступним та поживним варіантом, і необхідно активізувати зусилля

щодо його вирощування. Як сказав Генеральний директор ФАО Цюй Дун’юй: «Просо – неймовірна споконвічна культура з високою поживною цінністю, яка може відіграти важливу роль і зробити свій внесок у наші колективні зусилля щодо розширення прав і можливостей дрібних фермерів, досягнення сталого розвитку, викорінення голоду, адаптації до зміни клімату, сприяння біорізноманіттю та перетворенню агропродовольчих систем. Збільшення виробництва проса може забезпечити кошти для існування дрібних фермерів та забезпечити гідні робочі місця для жінок та молоді» [6].

Для ринкової економіки головним завданням є виробництво конкурентоспроможної продукції, котра б заохочувала споживача і стимулювала виробника. Одним із способів вирішення цієї проблеми є покращання якості сільськогосподарської продукції селекційним шляхом [7].

Сучасні сорти проса характеризуються достатньо високою урожайністю, але ще не повною мірою відповідають вимогам переробної промисловості через

Таблиця 1. Успадкування ознаки «плівчастість зерна проса» у гібридів F1, (Чабани, 2017 р.)

Клас домінування (прояв)	Значення hp	Кількість проаналізованих комбінацій за ознаками	
		гібридні комбінації, ад.	від загальної кількості, %
Депресія (від'ємне ад домінування) (δ)	<-1	10	20,8
Частково від'ємне домінування ($чв\delta$)	$-1 \leq -0,5$	8	16,5
Проміжне успадкування ($ну$)	$-0,5 < 0,5$	18	37,6
Частково позитивне домінування ($чп\delta$)	$0,5 \leq 1$	5	10,4
Гетерозис (позитивне ад домінування) (ε)	>1	7	14,6

їх недостатньо високі технологічні якості зерна, зокрема високої плівчастості, що зумовлює низький вихід пшона при переробці. Тому є необхідність поліпшення технологічних якостей зерна проса шляхом створення сортів із низькою плівчастістю для кращого виходу пшона.

Для вирішення цього завдання необхідне вивчення особливостей генетичного контролю ознаки плівчастості з метою розробки напрямів селекції за створення генетичних джерел оптимальної плівчастості зерна проса [8].

Мета роботи – вивчити особливості успадкування ознак технологічних якостей зерна проса з метою створення генетичних джерел оптимальної (пониженої) плівчастості зернівки в комплексі з іншими господарсько-цінними ознаками.

Методи. Штучні схрещування проса здійснювали водним способом за методикою І.В. Яшовського [9], а визначення технологічних якостей зерна проса (масу 1000 зерен, плівчастість і фракційний склад) проводили за загальноприйнятими методиками [10].

Результати та їх обговорення. Для вивчення особливостей генетичного контролю технологічних якостей зерна проса підбирали батьківські форми з контрастними значеннями ознак. Схрещування тонкоплівчастих форм із грубоплівчастими дало змогу отримати гібриди, аналіз яких в F1 і F2 допомагає дослідити особливості успадкування плівчастості зернівки проса.

У першому поколінні гібридів характер успадкування ознаки плівчастості вказує на проміжний тип прояву цих ознак (у 37,6% гібридів); у 14,6% гібридів виявлено гетерозис, а у 10,4% – частково позитивне домінування, з негативним проявом цієї ознаки, у 20,8% гібридів була депресія, у 16,5% – частково від'ємне домінування (табл. 1).

$$hp = \frac{Fn - MP}{HP - MP}$$

де hp – оцінка ступеня домінування [11].

Також було отримано 4 пари гібридів у комбінаціях від прямих і реципрокних схрещувань грубоплівчастих сортів із сортом Тонкоплівчасте 403, що характеризується низькою плівчастістю. Це дало можливість визначити вплив материнського і батьківського компонента на пошукові ознаки (табл. 2).

З даних табл. 2 видно, що за плівчастістю в гібридів F1, де батьківською формою був сорт Тонкоплівчасте 403, спостерігались частково від'ємне домінування або депресія. Особливо велика різниця за цією ознакою виявилась у комбінації з лінією 2421: у гібрида л.2421/Тонкоплівчасте 403 плівчастість становила 8,5%, а у гібрида, отриманого від реципрокного схрещування – 15,5%.

У 2018 р. з метою вивчення особливостей успадкування ознак технологічних якостей зерна отримано гібриди другого покоління. Для підрахунку розщеплення у другому поколінні за ознакою плівчастість зерен для всіх рослин із кожної ділянки був проведений аналіз за цим показником, визначено середнє

Таблиця 2. Характер успадкування маси 1000 зерен та плівчастості зерна проса у гібридів F1 від реципрокних схрещувань, (Чабани, 2017 р.)

Гібрид	Плівчастість		
	%	hp	прояв
Вельсовське/Тонкоплівчасте 403	6,8	-1,4	δ
Тонкоплівчасте 403/ Вельсовське	8,4	1,1	ε
Дружное /Тонкоплівчасте 403	8,7	-1,1	δ
Тонкоплівчасте 403 /Дружное	10,5	0,7	$чп\delta$
Блестящее /Тонкоплівчасте 403	9,7	-0,7	$чв\delta$
Тонкоплівчасте 403/ Блестящее	10,0	-0,8	$чв\delta$
Л.2421/Тонкоплівчасте 403	8,5	-1,1	δ
Тонкоплівчасте 403/ л.2421	15,5	-0,4	$ну$

Примітка. $чп\delta$ – часткове позитивне домінування, $чв\delta$ – часткове від'ємне домінування, $ну$ – проміжне успадкування, δ – депресія (від'ємне наддомінування), ε – гетерозис.

Таблиця 3. Аналіз гібридів другого покоління за ознакою плівчастість зерна проса, (Чабани, 2018 р.)

Батьківські форми, гібриди F2	Середня плівч., %	Дисперсія	Коефіцієнт варіації, %	мін, %	макс, %
Комбінації схрещування (sp2516/1709-02)/Заповітне					
♀sp2516 / 1709-02	14,87	–	–	–	–
♂Заповітне	19,11	–	–	–	–
діл.822-833 (87 рослин)	15,48	2,83	10,87	11,57	20,53
діл.834-843 (76 рослин)	14,19	4,31	14,26	10,21	19,37
діл.852-856 (69 рослин)	15,22	5,14	14,90	12,34	20,95
середнє	14,96	4,09	13,34	10,21	20,95
Комбінація схрещування (sp2516/1709-02)/(Оренбурзьке 9/Омріяне)					
♀ sp 2516/1709-02	19,8	–	–	–	–
♂ Оренбурзьке 9/ Омріяне	16,93	–	–	–	–
діл.844-847 (82 рослини)	15,95	4,07	12,16	10,67	20,09
Комбінація схрещування (Горлинка/Омріяне)/(sp 2516/Слов'янське)					
♀ Горлинка/Омріяне	16,31	–	–	–	–
♂ sp 2516/Слов'янське	18,45	–	–	–	–
діл.860-867 (52 рослини)	16,54	5,89	14,63	10,25	20,79
Комбінація схрещування (Горлинка/Омріяне)/Заповітне					
♀ Горлинка/Омріяне	16,31	–	–	–	–
♂ Заповітне	19,11	–	–	–	–
діл.868-879 (106 рослин)	16,44	5,21	13,87	12,1	21,59

Таблиця 4. Плівчастість зерна проса гібридів другого покоління комбінації схрещування (sp2516/1709-02)/Заповітне, (Чабани, 2018 р.)

Плівчастість, %		Кількість рослин з ділянки						Середня кількість, %
		діл.822-833		діл.834-843		діл.852-856		
		шт.	%	шт.	%	шт.	%	
Низькоплівчасті	<10–12%	4	5	13	13	–	–	7
Оптимальна плівчастість	>12–14,5%	21	24	27	27	36	52	38
	>14,5–17%	29	33	28	28	21	30	33
Грубоплівчасті	>17–19,5%	26	30	8	8	6	9	16
	>19,5%	7	8	–	–	6	9	6

арифметичне всієї вибірки, дисперсію та коефіцієнт варіації (табл. 3).

За показником плівчастості у комбінації схрещування (sp2516/1709-02)/Заповітне батьківські форми істотно відрізнялись – 4,76%:

- материнська ♀sp2516/1709-02 з плівчастістю 14,87%,
- батьківська ♂Заповітне –19,11%.

У комбінації схрещування (sp2516/1709-02)/(Оренбурзьке 9/Омріяне) материнська форма мала більшу плівчастість від запилювача.

У всіх випадках коефіцієнт варіації перевищував 10% (10,87–14,90%), що пояснює про середню мінливість ознаки, а розщеплення за плівчастістю у другому поколінні 4 комбінацій схрещування відбувалось у широкому діапазоні (10,21–21,59%), тому значення виходили за межі показників батьківських форм і були розподілені на 5 груп: 10–12%, 12–14,5%, 14,5–17%, 17–19,5% і >19,5% (табл. 4).

Отже, у другому поколінні комбінації схрещування (sp2516/1709-02)/Заповітне оптимальна плівчастість зернівки проса успадковувалась переважно за

проміжним типом (57–82%), а також спостерігалось як позитивне (у нашому випадку 5–17% з меншою від батьківських компонентів плівчастістю), так і негативне наддомінування (10–38% – грубоплівчасті). Тобто більша частина гібридів знаходиться у діапазоні оптимальної плівчастості (38+33=71%) і можуть бути використані в селекції на покращання технологічних якостей зернівки проса.

З отриманих результатів досліджень успадкування плівчастості можна зробити висновок, що під час створення сортів із оптимальною плівчастістю доцільно підбирати батьківські компоненти з ширшим діапазоном плівчастості, а материнським компонентом (♀) низькоплівчасту форму, крім того, переважна більшість (71%) гібридів буде з оптимальною плівчастістю на рівні 12–17%, що дає можливість прогнозувати ефективність доборів на користь даної ознаки.

ВИСНОВКИ

1. Характер успадкування ознаки плівчастості зерна вказує на проміжний тип прояву цієї

ознаки (у 37,6% гібридів); у 14,6% гібридів виявлено гетерозис, а у 10,4% – частково позитивне домінування, з негативним проявом ознаки, у 20,8% гібридів була депресія, у 16,5% – частково від'ємне домінування.

2. У другому поколінні плівчастість зернівки проса успадковувалась переважно за проміжним типом (57–82%), а також спостерігалось як позитивне (у нашому випадку з меншою від батьківських компонентів плівчастістю – 5–13%), так і негативне наддомінування (грубоплівчасті – 0–38%).
3. З отриманих результатів досліджень успадкування плівчастості можна дійти висновку, що за створення сортів із оптимальною плівчастістю доцільно підбирати батьківські компоненти з ширшим діапазоном плівчастості, а материнським компонентом (♀) низькоплівчасту форму, водночас переважна більшість (71%) гібридів буде з оптимальною плівчастістю на рівні 12–17%, що дає змогу прогнозувати ефективність доборів на користь цієї ознаки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Козолуп М.С. Крупьяные культуры. Воронежское книжное издательство, 1963. 12с.
2. Пономарёв Л. Просо – ценная крупяная и кормовая культура. Барнаул, 1956. –30с.
3. Басанець О. «Просо має перевагу як страхова культура та є конкурентною перевагою України на ринку ЄС» «Superagronom.com» 2025 р.
4. Несмачна М. «2023 – рік проса: факти і особливості технології вирощування» «Superagronom.com» 2023 р.
5. Мащенко Ю., Гайдаєнко О. «Просо – технології вирощування» «Агробізнес сьогодні». 2020. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni>.
6. International Year of Millets (2023). URL: <https://www.fao.org/millets-2023/en> [in English].
7. Проданик А.М., Синицина О.В., Майстер Н.В., Ярешко В.І. «У новостворених генотипах проса

вдало поєднуються ознаки продуктивності та вмісту сирого протеїну». *Зерно і хліб*. 2007. 2. С. 41 – 42.

8. Проданик А.М. Усі основні поживні речовини в просі перебувають у вдалому співвідношенні. *Зерно і хліб*. 2007. 1.– С. 57-58.
9. Яшовський І.В. Результати дослідів по розробці нової методики схрещування проса . *Наук. пр. УкрНДІ землеробства*. 1960. Т.10. С.132 –140.
10. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні. Загальна частина/ Український інститут експертизи сортів рослин; укл. Ткачик С.О., Лещук Н.В., Присяжнюк О.І. Вінниця, 2016. 120 с.
11. G.M.Beil, R.E.Atkins. Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *J.Science. Iowa State*, 1965.Vol.39. №. 3.P.165–179.

REFERENCES

1. Kozolup M.S. (1963). Krupianые культуры [Cereal crops]. Voronezh Book Publishing House [in Russian].
2. Ponomarev L. (1956). Proso – tsennaia krupianaia y kormovaia kultura. [Millet is a valuable cereal and fodder crop]. Barnaul. [in Russian].
3. Basanets O. (2025) .«Proso maie perevahu yak strakhova kultura ta ye konkurentnoiu

perevahoiu Ukrainy na rynku YeS» [Millet has an advantage as an insurance culture and is a competitive advantage of Ukraine in the EU market] Superagronom.com <http://superagronom.com> [in Ukrainian].

4. Nesmachna M. (2023). «2023 – rik prosa: fakty i osoblyvosti tekhnolohii vyroshchuvannia» [2023 – year

- millet: facts and features of growing technology] Super-agronom.com <http://superagronom.com> [in Ukrainian].
- Mashchenko Yu., Haidaienko O. (2020 p.) «Proso – tekhnolohii vyroshchuvannia» [Millet Proso – tekhnolohii vyroshchuvannia Growing Technologies] *Ahrobiznes sohodni*. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni> [in Ukrainian].
 - International Year of Millets (2023). URL: <https://www.fao.org/millets-2023/en> [in English].
 - Prodanyk A.M., Synytsyna O.V., Maister N.V., Yareshko V.I. (2007). «U novostvorenykh henotypakh prosa vdalo poiednuiutsia oznaky produktyvnosti ta vmistu syroho proteinu». [In newly created genotypes of millet, signs of productivity have increased and instead of raw protein]. *Grain and bread*, 2, 41 – 42 [in Ukrainian].
 - Prodanyk A.M. (2007). Usi osnovni pozhyvni rechovyny v prosii perebuvauiut u vdalomu spivvidnoshenni. [Usi osnovni pozhyvni rechovyny v prosii perebuvauiut u vdalomu spivvidnoshenni]. *Grain and bread*, 1, 57 – 58 [in Ukrainian].
 - Yashovskiy I.V. (1960). Rezultaty doslidiv po rozrobttsi novoi metodyky skhreshchuvannia prosa. [Results of follow-up studies on the development of a new millet harvesting technique]. *Sci. Ave. UkrNDI agriculture* [in Ukrainian].
 - Metodyka provedennia kvalifikatsiinoi ekspertyzy sortiv roslyn na prydatnist do poshyrennia v Ukraini (2016). *Zahalna chastyna / Ukrainyskyi instytut ekspertyzy sortiv roslyn*; [Methodology for conducting a qualification examination of plant varieties for their relevance to expansion in Ukraine. *Zagalna part./ Ukrainian Institute for Expertise of Plant Varieties*]. Concl: Tkachik S. O., Leshchuk N.V., Prisyazhnyuk O.I. Vinnytsia, 120 p. [in Ukrainian].
 - G.M.Beil, R.E. Atkins. (1965). Inheritance of quantitative characters in grain sorghum. *J.Science. Iowa State*, 39, 3, 165–179 [in English].

Prodanyk A.M., Samborska O.V.

Improvement of technological qualities of millet grain by the hull trait

Aim. To study the peculiarities of genetic control the signs of the hulls of the millet grain in order to create genetic sources of reduced grain hulls in complex with other economic and valuable features. **Methods.** Artificial crossing of millet was carried out by the water method according to I.V. Yashovsky [6], determination of technological qualities of millet grain (weight of 1000 grains, hulls and fractional composition) was carried out according to generally accepted methods [7]. **Results.** The nature of inheritance of the grain hulls trait indicates an intermediate type of manifestation of this trait in 37.6% of hybrids; heterosis was detected in 10.4% of hybrids, and in 14.6% - partial positive dominance, with a negative manifestation of the trait, depression in 20.8% of hybrids, and partial negative dominance in 16.5% of hybrids. When creating varieties with low and medium hulls density, it is advisable to select a low-hulls form as the parental component. In the second generation, the film density of millet grains was inherited mainly according to the intermediate type (57–82%), and both positive (in our case with a film density lower than the parental components – 5-13%) and negative overdominance (coarse-hulls – 10–38%) were also observed. **Conclusions.** When creating varieties with low and medium hulls density as the parental component (pollinator), it is advisable to select a low-hulls form, while the vast majority of hybrids will have an optimal (12-17%) film density, which allows predicting the effectiveness of selection in favor of this trait.

Key words: lines, genotypes, samples, hybrids, sources, traits, technological qualities.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Prodanyk A.M., кандидат с.-г. наук, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», e-mail: prodanyk.a@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1712-5064.

Самборська О.В., науковий співробітник, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», e-mail: elenasamborskay@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9345-2433.

Prodanyk A.M., Candidate of Agricultural Sciences, NSC«Institute of Agriculture NAAS», e-mail: prodanyk.a@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1712-5064.

Samborska O.V., Researcher, NSC«Institute of Agriculture NAAS», e-mail: elenasamborskay@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9345-2433.

Надійшла 19.08.2025

МОРФОЛОГІЧНА ОЦІНКА БАТЬКІВСЬКИХ КОМПОНЕНТІВ КУКУРУДЗИ (*ZEА MAYS* L.) ЯК ІНДИКАТОР ЇХ АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ

В.В. Прудніков, Г.М. Ковалишина

Національний університет біоресурсів і природокористування України (м. Київ, Україна)

Мета. Встановити відмінності між батьківськими лініями кукурудзи за комплексом морфологічних та гомеостатичних характеристик, визначити ступінь стабільності ключових біометричних ознак. **Методи.** Дослідження проводили у 2024–2025 рр. у Відокремленому підрозділі «Агрономічна дослідна станція» Національного університету біоресурсів і природокористування України. Вивчення морфометричних характеристик рослин охоплювало показники архітекτονіки стебла, листкового апарату, кореневої системи, чоловічого і жіночого суцвіть. Оцінювання стабільності ознак здійснювали на основі гомеостатичного коефіцієнта, розрахованого відповідно до методики визначення варіабельності морфологічних параметрів. **Результати.** Установлено вплив погодних умов на формування вегетативних і генеративних органів. Посушливі умови 2024 р. спричинили зниження висоти рослин, довжини листкової пластинки та параметрів суцвіть, тоді як більш зволожений 2025 р. сприяв активнішому розвитку морфологічних структур. Значні міжлінійні відмінності простежено за висотою стебла, кількістю опірних коренів, висотою прикріплення качана та кількістю бічних галузок волоті. Найвищу стабільність морфологічних показників продемонстрували лінії LNR 3495 та LLF 2983, що свідчить про їхню потенційну цінність як батьківських компонентів для створення адаптивних гібридів кукурудзи. Кількість листків над качаном виявилася найбільш гомеостатичним (стабільним) показником у досліджуваних гібридів, демонструючи високу стійкість до варіацій умов вирощування. Високу стабільність показали також кількість ярусів опірних коренів, розвиток опірних коренів та загальна кількість листків на основному стеблі. **Висновки.** У статті подано результати комплексної морфологічної оцінки батьківських компонентів кукурудзи (*Zea mays* L.) та виявленні ознаки, що визначають їх адаптивність і стабільність у контрастних гідротермічних умовах Правобережного Лісостепу України.

Ключові слова: гомеостатичний коефіцієнт, стабільність, висота рослин, лінії кукурудзи, висота кріплення верхнього качана.

Вступ. Селекція гібридної кукурудзи (*Zea mays* L.) ґрунтується на ефективному використанні гетерозису, який є результатом схрещування генетично дивергентних батьківських компонентів [3]. Батьківські компоненти є фундаментальними генетичними архітекторами кінцевих гібридів, і їхня селекційна цінність визначається не стільки їхньою власною продуктивністю, скільки їхньою здатністю до комбінування [1]. Ефективність селекційних програм значною мірою залежить від точності та надійності фенотипування морфологічних ознак вихідного матеріалу. Ознаки, які демонструють високу успадкованість (від 0.88 до 1.00 для багатьох ознак), мають

переважно адитивний тип дії генів і слугують надійними маркерами для прямого добору та прогнозування GCA [6;7]. Отже, детальний аналіз морфології вихідного матеріалу кукурудзи є необхідною передумовою для успішного скринінгу та формування високопродуктивних гібридних комбінацій.

Актуальність дослідження зумовлена зростаючою потребою в генетично цінних та екологічно пластичних батьківських компонентах кукурудзи, здатних забезпечувати стабільну продуктивність в умовах зміни клімату. У Правобережному Лісостепу, де у зв'язку зі зміною клімату вегетаційні періоди характеризуються різкими коливаннями температури,

нерівномірним розподілом опадів та високою частотою посушливих років, особливої ваги набуває детальна морфологічна оцінка вихідного селекційного матеріалу як ключового індикатора його адаптивного потенціалу. Саме морфологічні ознаки, що мають високу успадкованість і слугують ранніми критеріями добору, визначають архітектоніку рослин, рівень їх стійкості до стресів та придатність до інтенсивних технологій вирощування. Зростання вимог до якості гібридного насіння, підвищення густоти посівів та необхідність оптимізації механізованого збирання додатково актуалізують дослідження параметрів, пов'язаних із висотою рослини, положенням качана, розвитком кореневої системи та стабільністю репродуктивних органів.

Доцільність проведених досліджень визначається потребою науково обґрунтованого відбору батьківських ліній, здатних зберігати стабільність морфологічних ознак в умовах зміни клімату, що є критичним для формування високопродуктивних гібридів із широкою екологічною адаптивністю. Встановлення рівня гомеостатичності кожного генотипу дає можливість не лише оцінити ступінь його толерантності до абіотичних стресів, а й визначити реальну селекційну цінність ліній як донорів продуктивності й стабільності.

Мета дослідження – встановити відмінності між батьківськими лініями кукурудзи за комплексом морфологічних та гомеостатичних характеристик, визначити ступінь стабільності ключових біометричних ознак у контрастні за гідротермічними умовами роки та оцінити їх потенціал для використання у селекційних програмах, адаптованих до умов Правобережного Лісостепу України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Морфологічні та фенологічні ознаки кукурудзи класифікуються як польові, агрономічні та врожайні компоненти. Оптимізація цих ознак є ключовим завданням селекційних програм, оскільки вони критично визначають кінцевий рівень врожайності [4].

Guo S. et al. та Dong Y. et al. виділили такі основні морфологічні компоненти польової продуктивності: висота рослин, висота кріплення качана, довжина волоті та кількість гілок волоті [2; 4]. До основних компонентів врожайності вони відносять: довжину качана, діаметр качана та кількість рядів зерен у ряду.

Dong Y. et al. з'ясували, що успадкованість (h^2) висоти кріплення качана досягає 0,82, а для інших ознак вона може варіювати в межах від 0,44 до 1,00 [2].

Тому висока успадкованість дає змогу проводити ефективний добір на ранніх етапах тестування вихідного матеріалу кукурудзи. Saboor Khan A. et al. встановили, що кількість зерен на качані має значущу позитивну кореляцію з днями до 50% цвітіння та висотою рослини, що підтверджує їхню цінність як індикаторів продуктивності [7].

Dong Y. et al. вивчили взаємозв'язки між різними морфологічними ознаками та виявили лише слабку кореляцію ($r = 0,13-0,25$) між ознаками архітектури надземної та підземної частини рослини [2]. Тобто в селекції на адаптивність, зокрема на стійкість до посухи та вилягання, необхідна інтегрована програма схрещувань, що враховуватиме відсутність такого зв'язку.

Вожегова Р.А. та ін. [9] встановили відсутність прямолінійної залежності між урожайністю та індексом співвідношення висоти кріплення качана до висоти рослин.

Спряжка Р.О. та Жемойда В.Л. [16] встановили, що діаметр качана має прямий лінійний зв'язок із кінцевою врожайністю зерна кукурудзи.

За даними М.О. Іваніва та Д.Е. Репілевського [11] визначальними параметрами архітектоніки рослин, що впливають на потенційну продуктивність є висота рослин та розміщення листя. Вони встановили оптимальні показники висоти рослин для кожної групи стиглості задля досягнення високих і стабільних урожаїв.

З огляду на поширення інтенсивних технологій, зокрема в умовах Правобережного Лісостепу, важливою є оцінка придатності досліджуваних зразків до загущених посівів. В. Черчель, Б. Дзюбецький та В. Марочко [18] дослідили, що такі рослини мають міцне стебло, еректоїдне розміщення листя, вузьку листову пластинку та середній качан.

У регіоні з високою частотою посушливих років, визначення стійкості генотипів до стресу ґрунтується не лише на абсолютному рівні врожайності, а й на здатності батьківських ліній підтримувати ключові морфологічні показники продуктивності стабільними. Посухостійкість є складною інтегрованою ознакою, яка оцінюється за комплексом параметрів [18].

Лінії, які демонструють високий рівень гомеостатичності, є найбільш цінними. Гомеостатичність проявляється у збалансованому типі реалізації високої продуктивності за вирощування в контрастних (оптимальних та стресових) умовах [14]. Морфологічні ознаки, що відзначаються стабільністю,

служать прямими індикаторами, що лінія є генетичним детермінантом посухостійкості [14]. Стрес-толерантні лінії також характеризуються вищою активністю генотипового середовища порівняно з неадаптованими генотипами.

Капустян М.В. встановила, що висока частота посушливих років (71,4%) [13] підтверджує, що морфологічний добір повинен свідомо переважати стабільність репродуктивних органів (качана) над максимізацією вегетативної маси, оскільки останнє є високочутливим до стресу і має менше значення для фінальної врожайності.

Сучасні гібриди кукурудзи та їхні батьківські форми мають відповідати комплексу морфологічних і біологічних характеристик, що визначають їх придатність до механізованого збирання. До ключових морфометричних параметрів належать висота рослини, рівень розташування качана та його положення у просторі, тоді як до біологічних властивостей відносять стійкість до вилягання й стеблових гнилей, які впливають на міцність стебла. Формування гібридів, що поєднують такі морфобіологічні показники, можливе лише за наявності відповідного вихідного селекційного матеріалу [8]. Надмірно високі рослини зумовлюють підвищення енерговитрат під час збирання, тоді як низькорослі форми з низьким розташуванням качана спричиняють збільшення втрат урожаю. Прикореневе вилягання виникає внаслідок недостатнього розвитку кореневої системи та зазвичай проявляється під час сильних дощів і поривів вітру. Лінії, які характеризуються підвищеною ламкістю стебла та пониканням качана, є непридатними для механізованого збирання [10].

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили у Відокремленому підрозділі «Агрономічна дослідна станція» Національного університету біоресурсів і природокористування України, який розташований у с. Пшеничне Білоцерківського р-ну Київської обл. в межах Правобережного Лісостепу

Таблиця 1. Перелік батьківських компонентів кукурудзи

№	Зразок	Оригіатор
1	LOR3696	MAS Seeds
2	LNR3495	MAS Seeds
3	LLF2983	MAS Seeds
4	LGR2038	MAS Seeds
5	LFH1940/LMH3161	MAS Seeds

України. Територія дослідної станції знаходиться у зоні достатнього зволоження з помірно континентальним кліматом, що забезпечує сприятливі умови для вирощування широкого спектра сільськогосподарських культур, зокрема кукурудзи. Досліджували 5 батьківських компонентів (табл. 1).

Гідротермічні показники умов року одержані з сайту Meteoblue [19].

Розрахунок коефіцієнтів істотності відхилення агрометеорологічних показників для оцінки місяців та років за рівнем сприятливості умов для росту кукурудзи проводили за методикою С.М. Каленської, В.Г. Таран, П. О. Даниліва [12].

Морфологічний аналіз досліджуваних батьківських компонентів кукурудзи здійснювався упродовж 2024-2025 рр. з метою одержання оцінки ключових біометричних параметрів, що визначають їхній потенціал та архітектуру.

Оцінювання гомеостатичності зразків кукурудзи проводили на основі гомеостатичного показника (Ном). Значення Ном для кожної лінії визначали згідно з методикою, запропонованою В.В. Хальгільдіним та М.А. Литвиненком [17]. Вищі значення цього коефіцієнта свідчать про кращу стабільність зразка. Розрахунок здійснювали за формулою:

$$Nom = \frac{\bar{X}^2}{S^2}, \text{ де}$$

\bar{X} – середнє значення; S^2 – дисперсія.

Тому, менший коефіцієнт варіації відповідає вищому рівню гомеостатичності.

Результати та їх обговорення. У 2024 р. через підвищення температури понад 24 °С у поєднанні з обмеженим зволоженням у другій половині липня спостерігали часткове пригнічення росту рослин у фазі викидання волоті.

Згідно аналізу коефіцієнтів істотності відхилення температури від середніх багаторічних даних (табл. 2) найбільш типовим був 2025 р., коли нетиповим виявився лише травень за рахунок низьких температур. Найбільш нетиповим – 2024 р. Типовим у цьому році був лише травень, у всі інші місяці температура значно перевищувала середні багаторічні дані.

У 2024 р. кількість опадів становила 367,3 мм (118,9 % від норми). Найбільше опадів зафіксовано у червні (129,7 мм), коли кукурудза інтенсивно нарощувала листову поверхню. Така вологозабезпеченість у першій половині літа створювала сприятливі умови для розвитку генеративних органів і формування великої кількості зерен у качані.

Таблиця 2. Коефіцієнти істотності відхилень (Кс) температури від середніх багаторічних показників

	Місяці						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
σ	1,81	2,19	1,45	1,81	2,70	4,49	2,24
Кс 2024	1,71	0,34	1,49	1,71	1,12	1,36	1,06
Кс 2025	-0,22	-1,68	-0,86	-0,25	0,00	0,50	0,41

У 2025 р. кількість опадів становила 543,5 мм (174,9 % від норми), але вони розподілялися вкрай нерівномірно.

Загалом, розподіл опадів за 2024-2025 рр. свідчить про тенденцію до збільшення річної суми опадів, але з порушенням сезонного балансу. Найбільші відхилення від середньобагаторічних показників спостерігали у квітні та липні 2024–2025 рр., коли надлишкові опади чергувалися з тривалими періодами сухої погоди в серпні–вересні.

Для кукурудзи така ситуація є критичною, адже період цвітіння та наливу зерна збігається з максимальними вимогами до вологи. Дефіцит опадів у другій половині літа призводить до зменшення кількості зерен у качані, скорочення маси 1000 зерен і загального зниження врожайності.

Незважаючи на загалом сприятливі умови за кількістю опадів, їх нерівномірний розподіл упродовж вегетаційного періоду залишався основним обмежувальним чинником продуктивності кукурудзи в умовах Правобережного Лісостепу України.

Згідно з аналізами коефіцієнтів істотності відхилень кількості опадів від середньобагаторічних даних (табл. 3) найбільше типових місяців було в 2025 р.

Висота основного стебла батьківських компонентів кукурудзи мала значну мінливість як між зразками кукурудзи, так і між роками дослідження (табл. 4). У 2024 р. найбільшу висоту відзначено у ліній LNR 3495 (220,0 см) та LOR 3696 (210,0 см), тоді як найнижчою була у LGR 2038 (113,0 см). У середньому за 2024 р. висота стебла становила 179,4 см. У 2025 р. спостерігали подібну тенденцію, де лідерами за висотою були лінії LNR 3495 (221,0 см) та LOR 3696 (193,0 см), а середнє значення становило 173,0 см, що є дещо нижчим показником порівняно з попереднім роком. Довжина міжвузля над качаном у 2024 р. коливалася від 12,5 см (LGR 2038) до 18,0 см (LOR 3696), а у 2025 р. – від 13,0 см (LLF 2983) до 28,0 см (LGR 2038), що свідчить про значний вплив умов

Таблиця 3. Коефіцієнти істотності відхилень (Кс) кількості опадів від середніх багаторічних показників

	Місяці						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
σ	46,56	58,98	45,01	125,90	25,06	31,56	28,80
Кс 2024	1,23	-0,62	1,68	-0,07	-1,19	-0,96	1,01
Кс 2025	-0,03	1,48	-0,42	1,47	-0,70	-0,93	0,98

року на цей параметр. Діаметр стебла над качаном був найбільш стабільним, варіюючи від 1,3 до 1,6 см у 2024 р. та від 1,3 до 3,0 см у 2025 р., найбільший діаметр (3,0 см) зафіксовано у лінії LNR 3495 у 2025 р.

Аналіз кореневої системи свідчить, що у 2024 р. та у 2025 р. лінії мали кількість ярусів опірних коренів на рівні 1,0-2,0 шт.; середній показник сягав 1,4 та 1,5 шт. відповідно. У 2025 р. Розвиток опірних коренів був від 1,0 до 4,0 шт.

Показники листового апарату характеризувалися незначною мінливістю за кількістю листків на основному стеблі (10,0–12,0 у більшості зразків кукурудзи) та кількістю листків над качаном (5,0–7,0). Довжина листової пластинки варіювала від 41,6 см (LGR 2038) до 72,0 см (LLF 2983) у 2024 р. та від 57,0 см (LGR 2038) до 78,0 см (LNR 3495) у 2025 р. Ширина листової пластинки також була мінливою, досягаючи 7,3 см у 2024 р. (LLF 2983) та 10,0 см у 2025 р. (LOR 3696 та LFH 1940/LMH 3161).

Згідно з даними М.В. Капустян [13], оптимальною висотою ліній є 160–180 см. Цьому критерію відповідають зразки LLF 2983 та LFH 1940/LMH 3161.

Довжина волоті у 2024 р. становила в середньому 36,5 см, коливаючись від 26,6 см до 48,0 см; у 2025 р. середня довжина зросла до 42,0 см, що вказує на більш сприятливі умови для розвитку чоловічого суцвіття, з максимальними значеннями у LNR 3495 (47,0 см). Довжина міжвузля під волоттю була відносно стабільною, коливаючись навколо середнього значення 14,0–14,5 см в обидва роки.

Кількість бічних галузок волоті значно зросла у 2025 р. (середнє 8,0 шт.) порівняно з 2024 р. (середнє 4,8 шт.). Максимальну кількість галузок (10,0 шт.) у 2025 р. було виявлено у ліній LNR 3495 та LGR 2038. Довжина верхньої галузки також була більшою у 2025 р. (середнє 25 см) порівняно з 2024 р. (середнє 24,2 см), досягаючи 30 см у ліній LLF 2983 (табл. 5). Загалом, показники розвитку волоті свідчать про більш інтенсивний ріст чоловічого суцвіття у 2025 р.

Таблиця 4. Основні морфометричні та вегетативні показники рослин кукурудзи, 2024-2025 рр.

Показник	Зразок					Середнє
	LOR 3696	LNR 3495	LLF 2983	LGR 2038	LFH 1940/ LMH 3161	
Висота основного стебла, см	210,0 / 193,0	220,0 / 221,0	174,0 / 173,0	113,0 / 156,0	180,0 / 173,0	179,0 / 183,0
Довжина міжвузля над качаном, см	18,0 / 19,0	17,5 / 17,0	15,4 / 13,0	12,5 / 28,0	16,2 / 18,0	15,9 / 19,0
Діаметр стебла над качаном, см	1,3 / 1,3	1,5 / 3,0	1,6 / 2,3	1,6 / 2,0	1,6 / 3,0	1,5 / 3,9
Кількість ярусів опірних коренів, шт.	1,5 / 1,0	2,0 / 2,0	1,4 / 2,0	2,0 / 1,0	1,0 / 1,0	1,5 / 1,4
Розвиток опірних коренів, шт.	1,0 / 3,0	3,0 / 3,0	3,0 / 3,0	1,0 / 1,0	2,5 / 1,0	2,9 / 1,8
Кількість листків на основному стеблі, шт.	11,0 / 12,0	10,0 / 11,0	12,0 / 12,0	7,0 / 8,0	10,0 / 10,0	10,0 / 10,6
Кількість листків над качаном, шт.	6,0 / 6,0	7,0 / 6,0	7,0 / 7,0	5,0 / 5,0	5,0 / 6,0	6,0 / 6,0
Листкова пластинка-довжина, см	65,0 / 76,0	70,1 / 78,0	72,0 / 69,0	41,6 / 57,0	68,1 / 66,0	63,4 / 69,2
Листкова пластинка-ширина, см	6,0 / 10,0	6,8 / 9,0	7,3 / 7,0	4,9 / 8,0	6,8 / 10,0	6,4 / 8,8
Листкова пластинка-поверхня	пряма / пряма	хвиляста / пряма	пряма / хвиляста	хвиляста / пряма	хвиляста / хвиляста	–

Примітка. У чисельнику результати за 2024 р., в знаменнику – за 2025 р.

У 2024 р. висота кріплення верхнього початку коливалася від мінімального значення 28,7 см (LGR 2038) до 59,3 см (LLF 2983), при середньому значенні 50,3 см (табл. 6). У 2025 р. спостерігали значне підвищення висоти кріплення: середній показник зріс до 66,0 см. Максимальна висота у 2025 р. зафіксована у лінії LOR 3696 (94,3 см). Найменша висота кріплення у 2025 р. становила 45 см (LGR 2038).

Показники, що стосуються ніжки качана, також мали варіативність. Довжина ніжки качана у 2024 р.

варіювала від 2,6 см (LGR 2038) до 15,9 см (LNR 3495), із середнім значенням 8,7 см. У 2025 р. середня довжина ніжки качана дещо знизилась і становила 7 см. Максимальне значення у 2025 р. (10,4 см) було відзначено у лінії LOR 3696, тоді як мінімальне значення (3 см) – у LGR 2038.

Кут відхилення качана був переважно гострим у всіх досліджуваних зразків упродовж 2024 р. У 2025 р. цей параметр залишався стабільним для більшості зразків кукурудзи (гострий кут), за винятком LFH 1940/

Таблиця 5. Морфологічні показники чоловічого суцвіття (волоті), 2024-2025 рр.

Показник	Зразок					Середнє
	LOR 3696	LNR 3495	LLF 2983	LGR 2038	LFH 1940/ LMH 3161	
Тип волоті	розлога / розлога	нерозлога / нерозлога	цільна / нерозлога	розлога / розлога	розгалужена / розгалужена	–
Довжина волоті, см	34,0 / 41,0	44,0 / 47,0	48,0 / 43,0	26,6 / 36,0	29,8 / 44,0	36,5 / 42,2
Довжина міжвузля під волоттю, см	13,0 / 15,0	10,0 / 14,0	13,0 / 14,0	10,0 / 12,0	26,6 / 16,0	14,5 / 14,2
Кількість бічних галузок, шт.	3,0 / 8,0	5,0 / 10,0	2,0 / 3,0	7,0 / 10,0	7,0 / 8,0	4,8 / 7,8
Довжина верхньої галузки, см	23,7 / 27,0	29,8 / 25,0	28,3 / 30,0	19,4 / 19,0	19,7 / 26,0	24,2 / 25,4

Примітка. У чисельнику результати за 2024 р., в знаменнику – за 2025 р.

Таблиця 6. Морфологічні показники жіночого суцвіття (початка/качана), 2024-2025 рр.

Показник	Зразок					Середнє
	LOR 3696	LNR 3495	LLF 2983	LGR 2038	LFH 1940/ LMH 3161	
Забарвлення колоскових галузок	світло зелена / світло зелена	біле / зелене	–	біле / біле	червоно-жовте / червоно-жовте	–
Висота кріплення верхнього початка, см	59,0 / 94,3	59,0 / 66,0	59,3 / 53,0	28,7 / 45,0	45,3 / 70,0	50,3 / 65,6
Кут відхилення качана	гострий / гострий	гострий / гострий	гострий / гострий	гострий / гострий	гострий / тупий	–
Ніжка качана-довжина, см	9,1 / 10,4	15,9 / 9,0	6,9 / –	2,6 / 3,0	9,2 / 7,0	8,7 / 7,4
Діаметр качана, см	3,6 / 4,3	3,3 / 4,5	3,8 / 4,3	2,4 / 3,4	3,4 / 3,7	3,3 / 4,0

Примітка. У чисельнику результати за 2024 р., в знаменнику – за 2025 р.

LMH 3161, де було зафіксовано тупий кут відхилення в 2025 р.

Kotsyuba S.P. встановлено, що оптимальна висота кріплення нижнього господарсько-придатного качана становить 50–70 см [5], адже лінії, що забезпечують формування качанів у цьому діапазоні, є більш цінними для механізованого збирання врожаю. З'ясовано, що висота кріплення качана достовірно середньо корелює з урожайністю ($r = 0,54-0,60$), а також пов'язана з кількістю листків на основному стеблі ($r = 0,61-0,65$) [5].

Капустян М.В. встановила, що посушливі погодні умови негативно впливають на висоту рослин, кріплення качана та довжину волоті [13]. Це підтверджують одержані результати: в 2024 р. як більш посушливому, ніж 2025 р., одержані морфологічні показники були меншими.

Для показника висоти основного стебла найбільш стабільним виявився зразок LNR 3495, тоді як інші генотипи демонстрували значно нижчу гомеостатичність (табл. 7). Довжина міжвузля над качаном мала найвищу стабільність у ліній LOR 3696 та LNR 3495, тоді як для лінії LGR 2038 цей показник був мінімальним. За діаметром стебла над качаном найвищу гомеостатичність мала лінія LOR 3696, що зумовлено відсутністю варіації ознаки, тоді як інші лінії мали значно нижчі значення. Кількість ярусів опірних коренів та розвиток опірних коренів також відзначалися найбільшою стабільністю у зразків LNR 3495 та LFH 1940/LMH 3161, тоді як у решти ліній показники були відносно варіабельними.

Кількість листків на основному стеблі не варіювала у лінії LLF 2983 та зразку LFH 1940/LMH 3161. Кількість листків над качаном мала високий

показник гомеостатичного коефіцієнта у зразків LOR 3696, LLF 2983 та LGR 2038, що свідчить про повну відсутність коливань ознаки упродовж років досліджень. Довжина листової пластинки була найбільш стабільною у батьківського компонента LFH 1940/LMH 3161, тоді як ширина листка мала надзвичайно високі значення гомеостатичності у лінії LLF 2983.

За довжиною волоті найбільш гомеостатичною була лінія LNR 3495. Довжина міжвузля під волоттю мала високий коефіцієнт гомеостатичності у лінії LLF 2983. Кількість бічних галузок характеризувалася високою гомеостатичністю в зразка LFH 1940/LMH 3161, а довжина верхньої галузки – у LGR 2038.

Висота кріплення верхнього качана була найбільш стабільною у зразка LNR 3495, а довжина ніжки качана – у LLF 2983. Загалом результати свідчать про значну генетичну диференціацію ліній за рівнем гомеостатичності морфологічних ознак, що може бути використано для добору стабільних генотипів у селекційних програмах.

Найбільшу кількість високогомеостатичних показників мали лінії кукурудзи LNR3495 та LLF 2983. Показник кількості листків над качаном мав найбільшу гомеостатичність, а відповідно і стабільність. Високу гомеостатичність також мали такі показники як: кількість ярусів опірних коренів, розвиток опірних коренів та кількість листків на основному стеблі.

Висновки

У результаті проведених досліджень встановлено, що батьківські компоненти кукурудзи відрізняються за комплексом морфологічних ознак, що визначають їхню адаптивність та селекційну цінність в умовах Правобережного Лісостепу. Виявлено вплив

Таблиця 7. Гомеостатичний коефіцієнт зразків кукурудзи за основними морфологічними показниками

Показники	Гомеостатичний коефіцієнт зразків, Ном				
	LOR 3696	LNR 3495	LLF 2983	LGR 2038	LFH 1940/LMH 3161
Висота основного стебла	281,0	97240,5	60204,5	19,6	1271,5
Довжина міжвузля над качаном	684,5	2380,5	70,0	3,4	180,5
Діаметр стебла над качаном	+∞	1,1	15,2	1,9	5,1
Кількість ярусів опірних коренів	0,7	+∞	0,9	4,5	+∞
Розвиток опірних коренів	24,5	+∞	1,4	+∞	2,7
Кількість листків на основному стеблі	264,5	220,5	+∞	112,5	+∞
Кількість листків над качаном	+∞	84,5	+∞	+∞	60,5
Листкова пластинка-довжина	82,2	173,4	1104,5	20,5	2038,9
Листкова пластинка-ширина	8,0	26,1	1396,7	8,8	13,8
Довжина волоті,	57,4	460,1	165,6	22,2	13,5
Довжина міжвузля під волоттю	98,0	18,0	364,5	60,5	8,1
Кількість бічних галузок	2,4	4,5	12,5	16,1	112,5
Довжина верхньої галузки	118,0	65,2	588,0	4608,0	26,3
Висота кріплення верхнього початка	9,4	159,4	158,9	10,2	9,7
Ніжка качана – довжина	112,53	6,56	+∞5	98,03	27,13

Примітка. +∞ – позначено показники, які в обидва роки досліджень мали однакові значення, а відповідно й найвищий показник коефіцієнта гомеостатичності; жирним виділено найвищі значення за показником (у рядку).

гідротермічних умов років дослідження на формування вегетативних і генеративних органів, зокрема на висоту рослин, положення качана, розвиток кореневої системи та параметри волоті, що підтверджує чутливість морфологічної структури до абіотичних чинників середовища. У більш зволоженому 2025 р. морфометричні показники були вищими, тоді як посушливих умовах 2024 р. спричинили зменшення висоти стебла, довжини листкової пластинки та окремих параметрів суцвіть, що узгоджується з наявними науковими даними щодо впливу посухи на репродуктивні органи кукурудзи.

Найвищі значення гомеостатичності відзначено у ліній LNR 3495 та LLF 2983. Серед досліджуваних морфологічних параметрів, кількість листків над качаном продемонструвала найвищий рівень гомеостатичності (стабільності), що вказує на її мінімальну чутливість до впливу умов навколишнього середовища. Високою гомеостатичністю також характеризувалися такі важливі вегетативні показники, як

кількість ярусів опірних коренів, ступінь розвитку опірних коренів та загальна кількість листків на основному стеблі. Ці ознаки є надійними характеристиками генотипу, оскільки їхня фенотипова мінливість є незначною під впливом умов вирощування, що підкреслює їхню цінність у селекційному процесі.

Отримані дані можуть бути використані для підвищення ефективності селекційних програм та формування гібридів, оптимізованих до умов Правобережного Лісостепу й сучасних технологій вирощування.

Доцільним є поглиблення вивчення взаємозв'язків між гомеостатичністю морфологічних ознак і врожайністю гібридів у різних рівнях технологічного навантаження, а також моделювання реакцій генотипів на екстремальні абіотичні чинники. Подальші дослідження будуть спрямовані на створення прогностичних моделей адаптивності батьківських ліній, що дасть можливість підвищити результативність селекційного процесу та сформувати більш стресостійкі й продуктивні гібриди кукурудзи.

ЛІТЕРАТУРА

- Babic V., Nikolic A., Andjelkovic V., Kovacevic D., Filipovic M., Vasic V., Mladenovic-Drinic S. AUPOV morphological versus molecular markers for maize inbred lines variability determination. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 2016. Vol. 76, no. 4. P. 417–426. doi: 10.4067/s0718-58392016000400004.
- Dong Y., Li G., Zhang X., Feng Z., Li T., Li Z., ... Xue JGenome-Wide Association Study for Maize

- Hybrid Performance in a Typical Breeder Population. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024. Vol. 25, no. 2. P.1190. doi: 10.3390/ijms25021190.
3. Gao C., Li Z., Zheng G., Di H., Zhang L., Wang Z., Dong L. Analysis of the Genetic Mechanism of Yield-Related Traits of Maize in Cold Regions. *Genes*. 2025. Vol. 16, no. 8: 941. doi: 10.3390/genes16080941.
 4. Guo S., Zheng X., Wang S., Ai Y., Zhao R., Lan J. Genetic Diversity of Fresh Maize Germplasm Revealed by Morphological Traits and SSR Markers. *Genes*. 2025. Vol. 16, no. 10: 1138. doi: 10.3390/genes16101138
 5. Kotsyuba S. P. Evaluation of main economic value indicators of inbred lines of corn. *Collected Works of Uman National University of Horticulture*. 2019. Vol. 94, no. 1. P. 60–71. doi: 10.31395/2415-8240-2019-94-1-60-71.
 6. Lu X., Zhou Z., Yuan Z., Zhang C., Hao Z., Wang Z., ... Weng J. Genetic Dissection of the General Combining Ability of Yield-Related Traits in Maize. *Frontiers in Plant Science*. 2020. Vol. 11: 788. doi: 10.3389/fpls.2020.00788
 7. Saboor Khan A., Ullah H., Shahwar D., Fahad S., Khan N., Yasir M., ... Noor M. Heritability and correlation analysis of morphological and yield traits in Maize. *J. Plant Biol Crop Res*. 2018. Vol. 2: 1008. doi:10.33582/2637-7721/1008.
 8. Shatsman D., Demyanyuk O., Poltava O. Morphological indicators of different maize hybrids depending on sowing dates in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe. *Balanced nature using*. 2024. No. 1. P. 82–89. doi: 10.33730/2310-4678.1.2024.302629.
 9. Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Марченко Т.Ю., Базалій В.В. Прояв і мінливість біометричних ознак у ліній-батьківських компонентів та гібридів кукурузи за використання різних генетичних плазм під час зрощення. *Фактори експериментальної еволюції*. 2021. Вип. 29. С. 29-34. doi: 10.7124/FEEO.v29.1402.
 10. Гайдаш О., Негода Т., Ольховик М. Методи та принципи створення вихідного матеріалу для селекції кукурудзи. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*. 2024. Vol. 3, no. 4. P. 60–69. doi: 10.46299/j.isjea.20240304.06.
 11. Іванів М. О., Репілевський, Д. Е. Біометричні показники гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від способів поливу. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 118. С. 94-104. doi: 10.32851/2226-0099.2021.118.11.
 12. 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. URL: https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/101_2018/9.pdf.
 13. Капустян М. Селекційна цінність інбредних ліній кукурудзи, створених на основі різноманітного вихідного матеріалу : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.01.05. Харків, 2021. 196 с. URL: <https://yuriev.com.ua/assets/files/aspirantura-doctorantura/specrada/dis-kapustian.pdf>.
 14. Клімова О.Є. Селекція кукурудзи цукрової на Синельниківській селекційно-дослідній станції. Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН України. 2013. № 5. С. 98–104. URL: локальний файл.
 15. Методика проведення кваліфікаційної експертизи сортів рослин на придатність до поширення в Україні / Києнко З. Б. [та ін.]. 3-є вид. Вінниця : ФОРМ Корзун Д.Ю., 2017. 104 с. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7e67fb8d4b9.pdf>.
 16. Спряжка Р., Жемойда В. Індивідуальна продуктивність вихідних матеріалів при селекції на якість зерна кукурудзи. Наукові здобутки селекціонерів ННЦ «Інститут землеробства НААН» – на благо майбутнього, присвячена 120-річчю від дня народження вченого, аграрія, селекціонера Данила Лихваря : матеріали тез Міжнар. наук. Інтернет-конф., м. Вінниця, 8 верес. 2022 р. Вінниця, 2022. С. 72–73. URL: <https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2022/11/naukovi-zdobutki-selektzioneriv.pdf>.
 17. Хальгильдин В. В., Литвиненко Н. А. Гомеостатичність и адаптивність сортовозимой пшениці. *Науч.-техн. бюл. ВСГИ*. 1981. № 39(8).
 18. Черчель В., Дзюбецький Б., Марочко В. Адаптивні властивості кукурудзи. Пропозиція – Головний журнал з питань агробізнесу. 2014. URL: <https://propozitsiya.com/articles/adap-tyvni-vla-s-ty-vosti-ku-ku-rud-zy>.
 19. URL: <https://www.meteoblue.com/>.

REFERENCES

1. Babic, V., Nikolic, A., Andjelkovic, V., Kovacevic, D., Filipovic, M., Vasic, V., & Mladenovic-Drinic, S. (2016b). UPOV morphological versus molecular markers for maize inbred lines variability determination. *Chilean journal of agricultural research*, 76(4), 417–426. doi:10.4067/s0718-58392016000400004 [in English].

2. Dong, Y., Li, G., Zhang, X., Feng, Z., Li, T., Li, Z., ... Xue, J. (2024). Genome-Wide Association Study for Maize Hybrid Performance in a Typical Breeder Population. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(2), 1190. doi:10.3390/ijms25021190 [in English].
3. Gao, C., Li, Z., Zheng, G., Di, H., Zhang, L., Wang, Z., & Dong, L. (2025). Analysis of the Genetic Mechanism of Yield-Related Traits of Maize in Cold Regions. *Genes*, 16(8), 941. doi: 10.3390/genes16080941 [in English].
4. Guo, S., Zheng, X., Wang, S., Ai, Y., Zhao, R., & Lan, J. (2025). Genetic Diversity of Fresh Maize Germplasm Revealed by Morphological Traits and SSR Markers. *Genes*, 16(10), 1138. doi:10.3390/genes16101138 [in English].
5. Kotsyuba, S.P. (2019). Evaluation of main economic value indicators of inbred lines of corn. *Collected Works of Uman National University of Horticulture*, 94(1), 60–71. doi:10.31395/2415-8240-2019-94-1-60-71 [in English].
6. Lu, X., Zhou, Z., Yuan, Z., Zhang, C., Hao, Z., Wang, Z., & Weng, J. (2020). Genetic Dissection of the General Combining Ability of Yield-Related Traits in Maize. *Frontiers in Plant Science*, 11. doi:10.3389/fpls.2020.00788 [in English].
7. Saboor Khan, A., Ullah, H., Shahwar, D., Fahad, S., Khan, N., Yasir, M., & Noor, M. (2018). Heritability and correlation analysis of morphological and yield traits in Maize. *Journal of Plant Biology and Crop Research*, 1(2). doi:10.33582/2637-7721/1008 [in English].
8. Shatsman, D., Demyanyuk, O., & Poltava, O. (2024). Morphological indicators of different maize hybrids depending on sowing dates in the conditions of the Left-Bank Forest-Steppe. *Balanced nature using*, (1), 82–89. doi:10.33730/2310-4678.1.2024.302629 [in English].
9. Vozhegova, R.A., Lavrynenko, Yu.O., Marchenko, T.Y., & Bazalii, B. B. (2021). Manifestation and variability of biometric characteristics in line- parental components and hybrids of maize using different genetic peninsular. *Factors of Experimental Evolution of Organisms*, (29), 29–34. doi: 10.7124/FEEO.v29.1402 [in Ukrainian].
10. Haidash, O., Nehoda, T., & Olkhovyk, M. (2024). Methods and principles for creating initial material for maize breeding. *International Science Journal of Engineering & Agriculture*, 3(4), 60–69. doi: 10.46299/j.isjea.20240304.06 [in Ukrainian].
11. Ivaniv, M.O., & Repilevskyi, D.E. (2021). Biometric indices of maize hybrids of different FAO groups depending on irrigation methods. *Taurida Scientific Herald* (118), 94–104. doi: 10.32851/2226-0099.2021.118.11 [in Ukrainian].
12. Kalenska, S.M., Taran, V.G., & Danyliv, P.O. (2018). Features of yield formation in corn hybrids depending on fertilization, plant density and weather conditions. *Taurida Scientific Herald* (101), 42–49. URL: https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/101_2018/9.pdf [in Ukrainian].
13. Kapustian, M. (2021). Breeding value of maize inbred lines created on the basis of diverse source material (Unpublished PhD dissertation) [or PhD thesis]. Kharkiv. 196 p. URL: <https://yuriev.com.ua/assets/files/aspirantura-doctorantura/specrada/dis-kapustian.pdf> [in Ukrainian].
14. Klimova, O. Ye. (2013). Breeding of sweet maize at Synelnykivska breeding and research station. *Bulletin of the Institute of Agriculture of the Steppe Zone of NAAS of Ukraine*, (5), 98–104. URL: <file:///C:/Users/admin/Downloads/5954be25ec34e.pdf> [in Ukrainian].
15. Kyienko, Z.B., Prysiazhniuk, L.M., Shovhun, O.O., Ivanytska, A.P., & Pavliuk, N.V. (2017). Methodology for conducting a qualifying examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. (3rd ed.). Vinnytsia: FOP Korzun D.Yu. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5b7e67fb8d4b9.pdf> [in Ukrainian].
16. Spriazhka, R., & Zhemoida, V. (2022). Individual productivity of source materials in breeding for maize grain quality. In Scientific achievements of breeders of the NSC "Institute of Agriculture of NAAS" – for the benefit of the future, dedicated to the 120th anniversary of the birth of the scientist, agronomist, breeder Danylo Lykhvar: Proceedings of the International Scientific Internet Conference, Vinnytsia, September 8, 2022 (pp. 72–73). URL: <https://zemlerobstvo.com/wp-content/uploads/2022/11/naukovi-zdobutki-selektioneriv.pdf> [in Ukrainian].
17. Khagil V. V., & Litvinenko, N. A. (1981). Homeostaticity and adaptability of winter wheat varieties. *Scientific and Technical Bulletin of the All-Union Selection and Genetics Institute*, 39(8) [in Ukrainian].
18. Cherchel, V., Dziubetskyi, B., & Marochko, V. (2014). Adaptive properties of maize. *Propozytisia – The Main Journal on Agribusiness Issues*. 2014. URL: <https://propozytisia.com/articles/adap-tyvnivla-s-ty-vosti-ku-ku-rud-zy> [in Ukrainian].
19. URL: <https://www.meteoblue.com/>.

Prudnikov V.V., Kovalyshyna H.M.

Morphological assessment of maize (Zea Mays L.) parental components as an indicator of their adaptive potential under the conditions of the right-bank of the Forest-Steppe

Aim. To establish differences between parental lines of corn in terms of a complex of morphological and homeostatic characteristics, to determine the degree of stability of key biometric traits. **Methods.** The research was conducted in 2024–2025 at the Separate Subdivision “Agronomic Research Station” of the National university of life and environmental sciences of Ukraine. The assessment of plant morphometric characteristics included indicators of stem architecture, leaf apparatus, root system, and male and female inflorescences. Trait stability was evaluated based on the homeostatic coefficient calculated according to the methodology for determining variability in morphological parameters. **Results.** The influence of weather conditions on the formation of vegetative and generative organs was established. Drought conditions in 2024 resulted in reduced plant height, leaf blade length, and inflorescence parameters, whereas the more humid conditions of 2025 promoted enhanced development of morphological structures. Pronounced inter-line variation was observed in stem height, the number of brace roots, height of cob attachment, and the number of lateral branches in the tassel. The highest stability of morphological traits was demonstrated by lines LNR 3495 and LLF 2983, indicating their potential value as parental components for the development of adaptive maize hybrids. The number of leaves above the cob proved to be the most homeostatic (stable) trait among the studied genotypes, exhibiting high resistance to fluctuations in growing conditions. High stability was also recorded for the number of brace root tiers, the degree of brace root development, and the total number of leaves on the main stem. **Conclusion.** The article presents the results of a comprehensive morphological evaluation of maize (*Zea mays L.*) parental components aimed at identifying traits that determine their adaptive capacity and stability under contrasting hydrothermal conditions of the Right Bank of the Forest-Steppe of Ukraine.

Key words: homeostatic coefficient, stability, plant height, maize inbred lines, height of upper cob attachment.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Прудніков В.В., Національний університет біоресурсів і природокористування України, e-mail: v.prudnikov@nubip.edu.ua, ORCID:0009-0000-5712-5187.

Ковалишина Г.М., доктор сільськогосподарських наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України, ORCID: 0000-0002-2715-7679.

Prudnikov V.V., National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, e-mail: vitalyprudnikov78@gmail.com, ORCID:0009-0000-5712-5187.

Kovalyshyna H.M., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, ORCID:0000-0002-2715-7679.

Надійшла 03.08.2025

THE ROLE OF LIVING LABS IN FORMING RELEVANT DATABASES FOR MODERN DECISION SUPPORT SYSTEMS IN AGROTECHNOLOGICAL DECISION-MAKING

A.M. Tkachenko, V.V. Derhach, N.H. Buslaieva,
A.I. Kaminska, V.V. Shcherbatiuk, N.O. Vetrova

*NSC «Institute of Agriculture of NAASU» (Chabany, Ukraine)
Boyarka Vocational College of the National University of Life
and Environmental Sciences of Ukraine (Boyarka, Ukraine)*

Aim. *To substantiate the role of Living Labs as a source of relevant, multidimensional databases for the functioning of decision support systems (DSS) in agrotechnological decision-making within modern farming systems. Methods.* *The abstract–logical method for theoretical generalization and the formulation of conclusions; structural–functional analysis to identify the role and place of Living Labs in ensuring the functioning of an interactive DSS; and comparative and synthesis methods. Results.* *It is shown that the effectiveness of such systems is largely determined by the quality, structure, and contextual relevance of the data on which economic calculations and managerial recommendations are based. The key characteristics of data generated within Living Labs are identified, including their practical orientation, multidimensionality, spatial and temporal linkage, and reflection of real production, resource, and organizational constraints of farms. The functional role of Living Labs in supporting the economic model of an interactive DSS is revealed, ensuring the transition from primary production data to a substantiated selection of agrotechnological alternatives. The feasibility of integrating agrobiological, economic, environmental, and socio-organizational data into a unified information framework for assessing efficiency and risks is justified. An approach to structuring Living Lab databases by key categories is proposed, and their economic interpretation within decision support systems is defined. It is demonstrated that the use of Living Lab data enhances the adaptability of the DSS economic model through a feedback mechanism that allows the refinement of cost parameters, performance indicators, and risk estimates based on actual results of production seasons. It is substantiated that a network-based organization of Living Labs creates conditions for developing typical profiles of agrotechnological alternatives and increasing the reproducibility of managerial decisions in farms with different organizational structures and resource endowments. Conclusions.* *The obtained results can be used to further develop interactive decision support systems aimed at improving the economic efficiency and sustainability of modern farming systems.*

Key words: *Living Labs, decision support systems, agrotechnological decisions, databases, economic model, modern farming systems.*

Analysis of recent research and publications. In modern farming systems, agrotechnological decision-making takes place under conditions of increasing uncertainty (weather risks, price volatility, resource constraints, environmental requirements) and, at the same time, growing complexity of production data generated from multiple sources that require harmonization for managerial use. In this context, approaches that combine

digital decision-support tools with mechanisms for generating practically relevant data in real operational environments are gaining increasing importance. One such approach is the Living Labs concept, which in the international scientific literature is viewed as a format of open, multi-actor platforms for the co-creation of innovations and the testing of solutions in “real-life” conditions with the active involvement of users and diverse stakeholders.

In recent years, Living Labs in agriculture have been discussed primarily as a tool for accelerating innovation processes and transformative change through the integration of experimentation, joint learning, and the co-production of practically applicable knowledge that is tailored to the context of specific farms and territories. It is noted that such an approach can strengthen agricultural knowledge and innovation systems by creating conditions for aligning the needs of farmers, science, and business, as well as for accumulating data and experience that are difficult to obtain within traditional, isolated research schemes [1]. At the same time, scientific publications emphasize that the effectiveness of Living Labs largely depends on the quality of data collection and harmonization processes, the transparency of evaluation procedures, and the ability to translate the outcomes of co-creation into tools suitable for managerial decision-making at the farm level [1–3].

In parallel with the development of Living Labs, increasing attention is being paid to decision support systems (DSS) in agriculture, particularly to their diffusion, types, and patterns of use, as well as to the problem of the “gap” between the potential of digital tools and their actual level of adoption. Syntheses of European experience in the application of DSS for soil, water, and nutrient management emphasize that the key conditions for the effectiveness of such systems are the availability of relevant data, their standardization, spatial and temporal referencing, and the adaptation of recommendations to the user’s managerial needs [3]. Thus, the contemporary scientific discourse provides grounds for concluding that Living Labs can serve not only as innovation platforms but also as a systematic source of relevant databases for interactive DSS, ensuring contextualized parameters, the representation of real-world constraints, and the possibility of model adaptation through feedback. At the same time, the issue of methodological alignment between the types of data generated within Living Labs and their economic interpretation in agrotechnological decision-making requires further elaboration, particularly with regard to data structures, validation procedures, and rules for integrating multidimensional indicators into the model logic of alternative selection.

The aim of the study – is to substantiate the role of Living Labs in the formation of relevant databases for agrotechnological decision support systems in modern farming systems and to identify approaches to integrating such data into the economic model of an interactive DSS, taking into account the production, resource,

organizational, and environmental constraints of agricultural enterprises. To achieve this aim, the study provides for an analysis of conceptual approaches to the use of Living Labs in agriculture as a source of applied and contextually relevant data; the identification of key types and characteristics of these data from the perspective of their economic interpretation; the justification of the feasibility of integrating agrobiological, economic, environmental, and socio-organizational parameters into a unified information base for DSS; and the elucidation of the role of Living Labs in ensuring the adaptability of the economic model through feedback mechanisms and the use of production season outcomes to enhance the robustness of agrotechnological decision-making.

Materials and methods. The research materials comprised scientific publications by domestic and international authors on the development of Living Labs in agriculture, the design of agrotechnological decision support systems, economic modeling, and the use of multidimensional production data in the management of agricultural systems, as well as the results of synthesizing practical experience related to the formation and use of data within Living Lab networks. The study employed a systems approach to analyze the interrelationships between data types, the economic model, and managerial decisions; the abstract–logical method for theoretical generalization and the formulation of conclusions; structural–functional analysis to identify the role and place of Living Labs in ensuring the functioning of an interactive DSS; and comparative and synthesis methods to examine approaches to data classification, assess their economic interpretation, and determine directions for integrating agrobiological, economic, environmental, and socio-organizational parameters into a unified information base for agrotechnological decision support systems.

Results and discussion. The results of the study indicate that in modern farming systems, the quality of agrotechnological decision-making is increasingly determined not so much by the availability of individual computational methods or digital tools as by the ability of decision support systems to operate with relevant, context-specific, and multidimensional data. In this context, Living Labs function not only as a form of organizing innovation activities but also as a key element of the information infrastructure that supplies interactive DSS with data suitable for economic analysis and managerial choice. This approach is consistent with international research in which Living Labs are viewed as open

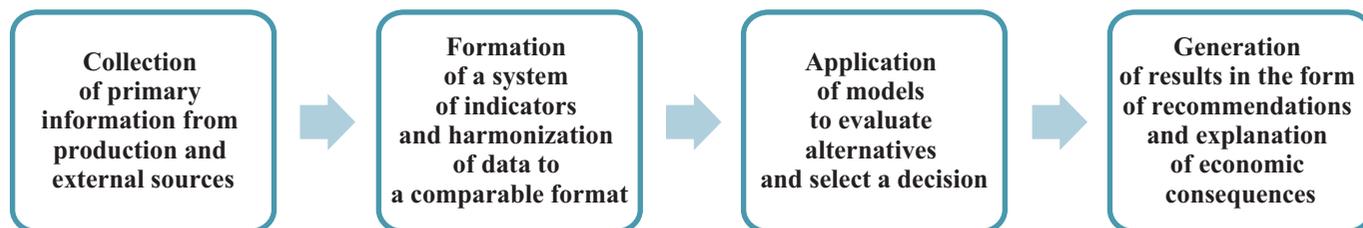


Fig. 1. Sequence of DSS Decision-Making

innovation systems that generate knowledge and data directly within real-world use environments [4; 8].

The study found that an interactive DSS built on Living Lab data can provide a qualitatively different level of justification for agrotechnological decisions compared with approaches based on normative or averaged indicators. Data generated within Living Labs are characterized by spatial and temporal referencing, the recording of actual costs and outcomes, and the reflection of real technological “bottlenecks” and resource constraints. These characteristics enable the economic model of the DSS to move from a descriptive representation of the production situation to a formalized comparison of alternatives according to criteria of efficiency, risk, and feasibility (Fig. 1).

Similar conclusions are presented in studies analyzing the reasons for the limited adoption of decision support systems in agriculture, where the main problem is identified as the mismatch between the data used and the actual managerial needs of farmers [6]. To ensure practical manageability and transparency of recommendations, the economic model of a DSS is advisable to be represented as a system of sequentially connected blocks (Fig. 2), encompassing the full cycle of managerial

decision-making: from the description of farm conditions and generation of alternatives to the ranking of options and the formation of a final “decision passport.” This approach provides the user with a clear logic of “how exactly” data are transformed into a recommendation while also allowing the integration of heterogeneous indicators without losing conceptual integrity.

An important outcome is that the economic model of a DSS should be aligned with the actual management hierarchy of the farm and implemented at least on two interrelated levels: tactical (farm-level) and strategic (long-term). At the tactical level, decisions for individual fields are reconciled with overall resource constraints (finance, machinery, personnel, working capital, logistics), determining whether the farm can implement the selected set of technologies simultaneously within a season and which “portfolio of decisions” yields the best overall economic result. At the strategic level, the model encompasses investment and transformational decisions (equipment renewal, transition to alternative farming systems, infrastructure development, integration of DSS into the management system, etc.) while accounting for long-term effects, risks, payback, and sustainability requirements. In the international literature, this logic

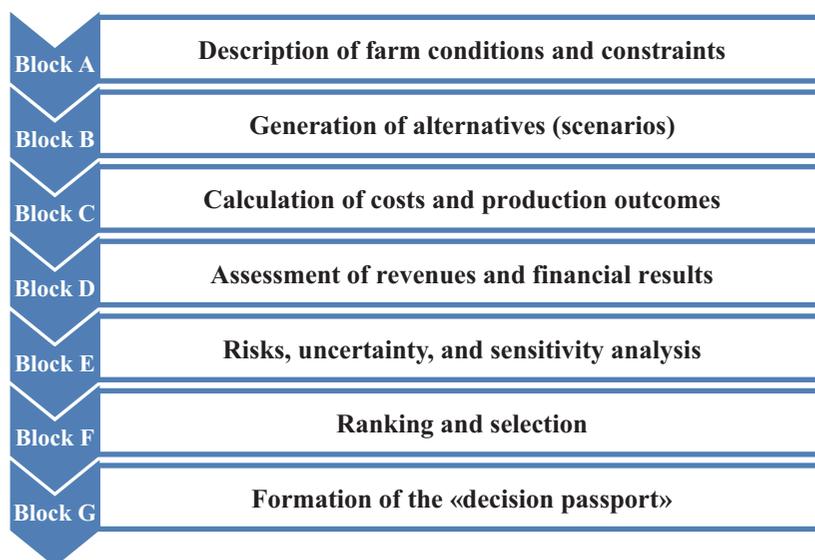


Fig. 2. Logic of the blocks in the economic model

aligns with mission-oriented approaches to transforming agricultural innovation systems, where decisions must simultaneously meet economic, environmental, and social objectives [2].

The analysis showed that for the proper functioning of the DSS economic model, Living Lab data must be structured across several interrelated dimensions. Within this study, the feasibility of distinguishing four basic data groups—agrobiological, economic, environmental, and socio-organizational—was substantiated. This approach helps avoid reducing complex agricultural decisions to a single indicator and ensures a multi-criteria economic evaluation, which aligns with contemporary approaches to agricultural system management and decision-making under uncertainty [5, 7]. A generalized characterization of these groups and their economic interpretation is presented in Table 1.

The results obtained confirm that agrobiological data from Living Labs play a key role in shaping the expected outcomes of agrotechnological alternatives, as they allow the linkage of technological parameters with the actual response of the agroecosystem. At the same time, their economic value is realized only when integrated with data on costs, timing of operations, and resource availability. Such integration enables the transition from a biophysical description of processes to economically meaningful indicators, which aligns with approaches to data-driven support for sustainable farming [7]. Economic data generated within Living Labs are particularly important for building the DSS economic model, as they reflect the actual structure of costs and resource

consumption rather than normative or planned values. The study showed that using such data allows for an adequate assessment of different levels of technological intensity, analysis of cash flows throughout the season, and consideration of working capital constraints. International publications emphasize that the economic relevance of data is one of the key conditions for the effectiveness of decision support systems in agriculture [6].

Environmental data within Living Labs are considered not only as indicators of environmental impact but also as elements of constraint systems and long-term decision criteria. Incorporating environmental parameters into the DSS economic model helps avoid short-term profitable but strategically unjustified decisions. This approach aligns with the concept of transforming agricultural systems toward sustainability, where economic decisions must be consistent with environmental and social objectives [5, 8].

An important outcome of the study is the substantiation of the role of socio-organizational data from Living Labs in enhancing the feasibility of DSS recommendations. The analysis showed that the same technology can yield different economic results depending on the level of managerial discipline, personnel and technical capacity, and the farm's readiness for innovation. Including these parameters in the economic model allows the generation of recommendations adapted to the user's actual capabilities, which is consistent with findings from research on user-centered design of decision support systems [4, 6]. A practical result of the study is that to translate Living Lab data into concrete managerial decisions, the economic

Table 1. Data types and their economic interpretation for DSS

Data category	Typical indicators	Source of formation	Economic use in the model	Recommended update frequency
Agrobiological	Yield, development stages, plant density, soil moisture, soil analysis results, phytosanitary status	Field observations, laboratory analyses, agronomic journals	Forecasting the performance of alternatives, assessing technological losses, refining production parameters	In-season – operational; post-season – summary
Economic	Prices, actual input rates, production costs	Management/accounting records, procurement data, contracts	Calculation of costs, revenue, profit; budgeting; working capital control	Prices – weekly/monthly; costs – post-operations/monthly
Environmental	Erosion risk, compaction, nutrient balance, sustainability indicators	Field monitoring, soil maps, agroecological assessments	Constraints on technology feasibility; long-term ecological-economic assessment	Seasonally + post-season
Socio-organizational	Timeliness of operations, technological discipline, personnel/technical constraints, readiness for innovation	Internal regulations, surveys/interviews, work execution protocols	Feasibility assessment; risk adjustment; setting “choice rules” according to real capabilities	Every season + upon organizational changes

model must be supported by a reproducible selection algorithm. Within an interactive DSS, the algorithm for economic agrotechnological decision-making should be formalized as a sequence of steps: input → calculation → output. This structure ensures recommendation transparency, assigns responsibility between the manager, agronomist, and economist, and minimizes the risk of “subjective” choices without checking constraints (Table 2).

Particular attention in this study was given to the adaptability of the DSS economic model, which is ensured through the use of Living Lab data within a feedback mechanism. Agricultural production is characterized by high variability of conditions and outcomes (weather fluctuations, soil heterogeneity, phytosanitary risks, price and resource market instability, and organizational factors in task execution), so the economic model cannot remain static: its practical value depends on the ability to regularly update parameters and decision rules based on actual results. In this context, Living Labs function as an organized feedback loop that systematically records deviations from the plan, identifies their causes, and updates model parameters, forming an adaptive management cycle: data → decision → implementation → outcome → analysis → parameter update → new decision.

The networked nature of Living Labs further enhances the potential of DSS, as it allows for the aggregation of data from multiple farms and the formation of typical profiles

of agrotechnological alternatives for similar conditions. At the same time, the study results confirm that aggregation must be combined with contextual adaptation, since directly transferring decisions without accounting for local specifics can lead to erroneous recommendations. This balance between standardization and individualization of decisions is widely discussed in the literature on scaling innovations through Living Labs [8].

In summary, the results indicate that Living Labs provide the DSS economic model with access to data reflecting real production conditions, enable the integration of heterogeneous parameters into a unified analytical logic, and support the adaptability of managerial decisions in the dynamic environment of modern farming.

CONCLUSIONS

As a result of the study, it has been substantiated that Living Labs play a systemic role in the formation of relevant databases for the functioning of interactive decision support systems in modern farming systems. Unlike traditional approaches to data collection and use, Living Labs provide information directly from real production environments, allowing for the consideration of agrobiological, economic, environmental, and socio-organizational characteristics of specific farms, thereby increasing the practical value of managerial recommendations.

Table 2. Economic model for agrotechnological decision-making

Step	Input data	Actions (economic logic)	Output data	Responsible
1	Field, crop, objectives, constraints	Formulation of the task; criteria: efficiency–risk–sustainability	Decision framework	Manager + Agronomist + Economist
2	Available technologies	Formation of realistic alternatives	List of alternatives	Agronomist
3	Prices, norms, resources	Harmonization of formats and assumptions	Harmonized set of parameters	Economist
4	Operations	Calculation of costs and cash peaks	Costs/ha, budget peaks	Economist
5	Yield, losses, sales	Evaluation of outcomes under scenarios	Revenue/ha, range of results	Agronomist + Economist
6	Costs, revenues	Calculation of profitability, income, and profit	Efficiency indicators	Economist
7	Scenarios, risks	Sensitivity and stability analysis	Risk profile, critical factors	Economist + Agronomist
8	Resource limits, timing	Feasibility and sustainability threshold check	List of allowable alternatives	Manager + Agronomist
9	Allowable alternatives	Ranking and selection (optimal portfolio)	Decision	Manager
10	Decision	Formation of decision passport and control points	Decision passport	Agronomist + Economist

It was established that the effectiveness of the economic model of an interactive DSS directly depends on the quality and structured nature of the data used to compare agrotechnological alternatives. Integrating multidimensional Living Lab data into a unified information base of the system enables a multi-criteria evaluation of decisions, combining indicators of economic efficiency with assessments of risks, resource feasibility, and the environmental acceptability of technologies. The study demonstrated that the use of Living Lab data creates conditions for implementing an adaptive DSS economic model, capable of updating cost, performance, and risk parameters based on actual production season outcomes. The feedback mechanism, realized through Living Labs, ensures the gradual accumulation of knowledge, improves calculation accuracy, and supports the

reproducibility of managerial decisions in the dynamic conditions of agricultural production.

The study substantiates the feasibility of structuring Living Lab data into agrobiological, economic, environmental, and socio-organizational groups, enabling the generation of economically justified, technologically feasible, and long-term sustainability-oriented recommendations. It is shown that the networked nature of Living Labs creates opportunities for standardizing agrotechnological alternatives and scaling decision support systems while maintaining contextual adaptation to the conditions of specific farms.

The results obtained can be applied in the development and implementation of interactive agrotechnological decision support systems, as well as in the formulation of methodological approaches for using Living Labs in modern farming systems.

REFERENCES

1. Potters, J., Collins, K., Schoorlemmer, H., Straete, E.P., Kilis, E., Lane, A. and Leloup, H. (2022). Living Labs as an Approach to Strengthen Agricultural Knowledge and Innovation Systems. *EuroChoices*, 21: 23-29. Doi: <https://doi.org/10.1111/1746-692X.12342>.
2. Cascone, Giulio & Scuderi, Alessandro & Guarnaccia, Paolo & Timpanaro, Giuseppe. (2024). Promoting innovations in agriculture: Living labs in the development of rural areas. *Journal of Cleaner Production*, 443 (18). Doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141247>.
3. Warren Raffa, D., Räsänen, T.A., Trinchera, A., Jouini, M., Delin, S., Kasparinskis, R., Dirnēna, B., Demir, Z., Erdal, Ü. and Hanegraaf, M. (2025). Agricultural Decision Support Tools in Europe: What Kind of Tools Are Needed to Foster Soil Health?. *Eur J Soil Sci*, 76, e70097. Doi: <https://doi.org/10.1111/ejss.70097>.
4. Schuurman, D., De Marez, L., & Ballon, P. (2016). The Impact of Living Lab Methodology on Open Innovation Contributions and Outcomes. *Technology Innovation Management Review*, 6(1), 7–16. Doi:<http://doi.org/10.22215/timreview/956>.
5. Klerkx, L., & Begemann, S. (2020). Supporting food systems transformation: The what, why, who, where and how of mission-oriented agricultural innovation systems. *Agricultural Systems*, 184, Article 102901. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102901>.
6. Rose, D.C., et al. (2016). Decision Support Tools for Agriculture: Towards Effective Design and Delivery. *Agricultural Systems*, 149, 165–174. Doi:<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.09.009>.
7. Jones, J.W., J.M. Antle, B.O. Basso, K.J. Boote, R.T. Conant, I. Foster, H.C.J. Godfray, M. Herrero, R.E. Howitt, S. Janssen, B.A. Keating, R. Munoz-Carpena, C.H. Porter, C. Rosenzweig, and T.R. Wheeler (2017). Brief history of agricultural systems modeling. *Agric. Syst.*, 155, 240–254, Doi:<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.05.014>.
8. Shilomboleni, H., & De Plaen, R. (2019). Scaling up research-for-development innovations in food and agricultural systems. *Development in Practice*, 29(6), 723–734. Doi:<https://doi.org/10.1080/09614524.2019.1590531>.

ЛІТЕРАТУРА

1. Potters, J., Collins, K., Schoorlemmer, H., Straete, E.P., Kilis, E., Lane, A. and Leloup, H. (2022). Living Labs as an Approach to Strengthen Agricultural Knowledge and Innovation Systems. *EuroChoices*, 21: 23-29. Doi: <https://doi.org/10.1111/1746-692X.12342>.
2. Cascone, Giulio & Scuderi, Alessandro & Guarnaccia, Paolo & Timpanaro, Giuseppe. (2024). Promoting innovations in agriculture: Living labs in the development of rural areas. *Journal of Cleaner Production*, 443 (18). Doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141247>.

- Warren Raffa, D., Räsänen, T.A., Trinchera, A., Jouini, M., Delin, S., Kasparinskis, R., Dirnėna, B., Demir, Z., Erdal, Ü. and Hanegraaf, M. (2025). Agricultural Decision Support Tools in Europe: What Kind of Tools Are Needed to Foster Soil Health?. *Eur J Soil Sci*, 76, e70097. Doi: <https://doi.org/10.1111/ejss.70097>.
- Schuurman, D., De Marez, L., & Ballon, P. (2016). The Impact of Living Lab Methodology on Open Innovation Contributions and Outcomes. *Technology Innovation Management Review*, 6(1), 7–16. Doi: <http://doi.org/10.22215/timreview/956>.
- Klerkx, L., & Begemann, S. (2020). Supporting food systems transformation: The what, why, who, where and how of mission-oriented agricultural innovation systems. *Agricultural Systems*, 184, Article 102901. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102901>.
- Rose, D.C., et al. (2016). Decision Support Tools for Agriculture: Towards Effective Design and Delivery. *Agricultural Systems*, 149, 165–174. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.09.009>.
- Jones, J.W., J.M. Antle, B.O. Basso, K.J. Boote, R.T. Conant, I. Foster, H.C.J. Godfray, M. Herrero, R.E. Howitt, S. Janssen, B.A. Keating, R. Munoz-Carpena, C.H. Porter, C. Rosenzweig, and T.R. Wheeler (2017). Brief history of agricultural systems modeling. *Agric. Syst.*, 155, 240–254, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.05.014>.
- Shilomboleni, H., & De Plaen, R. (2019). Scaling up research-for-development innovations in food and agricultural systems. *Development in Practice*, 29(6), 723–734. Doi: <https://doi.org/10.1080/09614524.2019.1590531>.

Ткаченко А.М., Дергач В.В., Буслаєва Н.Г., Камінська А.І., Щербатюк В.В., Вєтрова Н.О.

Роль живих лабораторій (Living Labs) у формуванні релевантних баз даних для сучасних систем підтримки прийняття агротехнологічних рішень

Мета. Обґрунтувати роль Живих лабораторій (Living Labs) як джерела релевантних, багатовимірних баз даних для функціонування систем підтримки прийняття агротехнологічних рішень у сучасних системах землеробства. **Методи.** Абстрактно-логічний метод для теоретичного узагальнення та формулювання висновків; структурно-функціональний аналіз для визначення ролі та місця Живих Лабораторій у забезпеченні функціонування інтерактивної СППР; та порівняльний і синтезний методи. **Результати.** Показано, що ефективність таких систем значною мірою визначається якістю, структурованістю та контекстною відповідністю даних, на основі яких формуються економічні розрахунки й управлінські рекомендації. Визначено особливості даних, що формуються в межах Living Labs, зокрема їх прикладну спрямованість, багатовимірність, просторово-часову прив'язку та відображення реальних виробничих, ресурсних і організаційних обмежень господарств. Розкрито функціональну роль Living Labs у забезпеченні економічної моделі інтерактивної СППР, яка реалізує перехід від первинних виробничих даних до обґрунтованого вибору агротехнологічних альтернатив. Обґрунтовано доцільність інтеграції агробіологічних, економічних, екологічних та соціально-організаційних даних у єдину інформаційну основу для оцінки ефективності та ризиків. Запропоновано підхід до структуризації баз даних Living Labs за ключовими категоріями та визначено їх економічну інтерпретацію в межах систем підтримки прийняття рішень. Показано, що використання даних Living Labs забезпечує адаптивність економічної моделі СППР через механізм зворотного зв'язку, який дозволяє уточнювати параметри витрат, результативності та ризиків на основі фактичних результатів виробничих сезонів. Обґрунтовано, що мережевий підхід до організації Living Labs створює умови для формування типових профілів агротехнологічних альтернатив і підвищення відтворюваності управлінських рішень у господарствах з різною структурою та ресурсною забезпеченістю. **Висновки.** Отримані результати можуть бути використані для розвитку інтерактивних систем підтримки прийняття агротехнологічних рішень, орієнтованих на підвищення економічної ефективності та стійкості сучасних систем землеробства.

Ключові слова: Живі лабораторії (Living Labs), системи підтримки прийняття рішень, агротехнологічні рішення, бази даних, економічна модель, сучасні системи землеробства.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Ткаченко А. М., кандидат економічних наук, завідувач відділу економіки, Національний науковий центр

«Інститут землеробства НААН», e-mail: qtkachenkor@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9145-7003.

Дергач В.В., викладач Боярського фахового коледжу НУБіП України, e-mail: victor.dergach@gmail.com, ORCID: 0009-0008-6428-2576.

Буслаєва Н. Г., кандидат сільськогосподарських наук, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», e-mail: nataliyabuslaeva@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4956-7801.

Камінська А.І., кандидат економічних наук, Національний науковий центр «Інститут землеробства

НААН», e-mail: anna_kaminska@ukr.net, ORCID: 0000-0001-5823-3139.

Щербатюк В.В., кандидат економічних наук, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», e-mail: dikavika1977@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8652-3253.

Ветрова Н. О., провідний економіст, Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», e-mail: vetrova-nina@ukr.net, ORCID: 0000-0002-2966-8835

Ткаченко А. М., Ph.D. in Economics, Head of Department of Economics, NSC “Institute of Agriculture of NAASU”, e-mail: qtkachenkop@gmail.com, ORCID : 0000-0001-9145-7003.

Derhach V.V., Lecturer Boyarka Vocational College of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, e-mail: victor.dergach@gmail.com, ORCID: 0009-0008-6428-2576.

Buslaeva N. G., Candidate of Agricultural Sciences, NSC “Institute of Agriculture of NAASU”, e-mail: nataliyabuslaeva@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4956-7801.

Kaminska A.I., Ph.D. in Economics, NSC “Institute of Agriculture of NAASU”, e-mail: anna_kaminska@ukr.net, ORCID: 0000-0001-5823-3139.

Shcherbatiuk V.V., Ph.D. in Economics, NSC “Institute of Agriculture of NAASU”, e-mail: dikavika1977@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8652-3253.

Vetrova N. O., leading economist, NSC “Institute of Agriculture of NAASU”, e-mail: vetrova-nina@ukr.net, ORCID: 0000-0002-2966-8835.

Надійшла 20.08.2025

Наукове видання

Землеробство та рослинництво: теорія і практика

науково-теоретичний журнал

Випуск 4 (18), 2025

Підписано до друку 22.12.2025.
Формат 60x84/8. Папір офсетний.
Друк цифровий. Ум. друк. арк. 12,3.
Обл.-вид. арк. 13,5.
Наклад 50 пр. Зам. № .

Видавець та виготовлювач ТОВ «ТВОРИ».
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції серія ДК № 6188 від 18.05.2018 р.
21027, м. Вінниця, вул. Келецька, 51а, прим. 143.
Тел.: (096) 973-09-34, (093) 891-38-52.
e-mail: info@tvoru.com.ua
<http://www.tvoru.com.ua>